UNIVERSITATEA DIN BUCUREŞTI
FACULTATEA DE GEOGRAFIE

Constantin NIȚU

Călin Daniel NIȚU **Corneliu-Eftimie TUDOSE** **Mircea Cristian VIŞAN**

SISTEME INFORMAȚIONALE GEOGRAFICE ŞI CARTOGRAFIE COMPUTERIZATĂ

BUCUREŞTI 2002

Referenți științifici: Prof.dr. **MIHAI IELENICZ**
Prof.dr**. MIHAI GRIGORE**

c© Editura Universității din București
Sos. Panduri, 90 – 92, București – 76235; 410.23.84
ISBN: 973-575-650-1

Contribuția autorilor la realizarea lucrării:

Prof. univ. dr. ing. Constantin Nițu - coordonarea întregii lucrări şi cap. I (1.1, 1.2, 1.3, 1.4 şi 1.5), II, III (3.1, 3.3 şi 3.4), IV (4.1, 4.2 şi 4.3), V (5.1, 5.3 şi 5.4) şi anexele A - F;
Cpt. ing. Călin Daniel Nițu - cap. I (1.4 şi 1.5), III (3.2, 3.3 şi 3.4), IV (4.4), V (5.1 şi 5.2.2) şi anexele B - E;
Asist. univ. geograf Cornel Tudose - cap. I (1.4), III (3.2), cap. V (5.2.2), anexele D şi E şi standardizarea tuturor figurilor imagini;
Prep. univ. geolog Vişan Mircea - cap. I (1.5), III (3.2), cap. V (5.2.2) şi anexele D şi F.

Culegere computerizată: prof. univ. dr. ing. Constantin Nițu şi ing. Călin Daniel Nițu
Procesare a imaginilor: prof. univ. dr ing. Constantin Nițu şi asist. univ. Cornel Tudose
Tehnoredactare computerizată: Prep.univ. geolog Mircea Cristian VIŞAN
Coperta: Prep.univ. geolog Mircea Cristian VIŞAN

Cuprins

CUVÂNT ÎNAINTE

Integrarea infrastructurii informaţionale şi a datelor geografice

Infrastructura informaţională, componentă a societăţii moderne, trebuie să conţină şi datele spaţiale. Interfeţele structurii informaţionale permit accesul şi la aceste date, din care fac parte şi datele geografice. Toate celelalte date, clasificate pe teme, se ataşază, de regulă, datelor de poziţie, detaliilor sau arealelor geografice. Trebuie să se asigure accesul la date atât pentru experţi, cât şi pentru orice cetăţean, potrivit unor criterii de acces. Sistemele informaţionale geografice organizează şi structurează datele geografice sau geodatele. Aceste date pot fi folosite eficient în alte sisteme, de exemplu în transporturi, comerţul prin poşta electronică, învăţământ, alocarea resurselor şi consumatorilor etc. Apar noi profesii care implică lucrul cu date geografice digitale. Lumea virtuală implică folosirea cu prioritate a datelor spaţiale. Proiectanţii s-au familiarizat deja cu aceste tipuri de date. Vizualizarea spaţială cu ajutorul calculatorului devine familiară tuturor, cu accent pe înţelegerea hărţilor şi a altor tipuri de produse.

Harta digitală, alături de reprezentările tridimensionale, fotogramele digitale şi înregistrările de teledetecţie, intră deja în produsele multimedia. Hărţile de toate tipurile condiţionează puternic gândirea umană asupra mediului înconjurător. Sistemele informaţionale geografice (SIG) permit vizualizarea interactivă şi combinarea mai multor hărţi cu teme diferite, dar care se referă la aceeaşi zonă. Câteva domenii de aplicare a datelor spaţiale sunt dezvoltate mai jos.

Folosirea datelor geografice

În timpul actual există o *piaţă a datelor geografice*. Societatea cere din ce în ce mai mult procesarea datelor geografice pentru asigurarea multor domenii. Sursele şi consumatorii de produse au o anumită distribuţie geografică. Integrarea zonală, naţională sau globalizarea pieţelor cere din ce în ce mai mult rezolvarea unor probleme de determinare a drumurilor optime, pentru scurtarea timpului şi a costului de transport, de urmărire a vectorilor transportatori etc. Pentru rezolvarea problemelor de mai sus, se consideră că multe date ale bazelor de date din toate domeniile (70%-85% din date) trebuie să aibă şi o componentă spaţială.

Piaţa datelor geografice este influenţată de câţiva *factori tehnologici.* Unităţile centrale, de înaltă performanţă, constituie o bază capabilă să asigure prelucrarea distribuită a datelor geografice, care aproape întotdeauna au un volum mare. Reţelele mari de calculatoare şi infrastructura software distribuită (OLE/COM, COBRA, Java etc.), architecturile cu diferite componente (middleware şi componentware) sunt importante, deoarece multe aplicaţii geografice permit un acces transparent la depozitele de date pe servere situate în locuri diferite şi la funcţii de geoprocesare iniţiate tot din diferite locuri, integrându-se astfel toate funcţiile de prelucrare într-o schemă tehnologică particulară. SIG nu mai trebuie înţeles ca un sistem informatic local, ci ca unul distribuit, deschis, cu arhitecturi de tip middleware şi

componentware, asigurând suportul pentru decizii, pentru conducerile oricăror organizații cu unități distribuite pe zone întinse.

Tehnologia permite o viteză de geoprocesare de mărime compatibilă cu cea a vitezei asigurate de tehnologiile comunicațiilor, deci în general depinzând de interfețele de interoperabilitate. Toate subsistemele viitoare vor asigura o folosire mai largă a geodatelor şi telegeoprocesarea de către orice om. Sunt de remarcat tehnologiile performante ale bazelor de date spațiale introduse de realizatorii de sisteme de gestiune a bazelor de date (SGBD). Receptoarele ieftine şi de mici dimensiuni permit determinarea rapidă în timp real sau cvasireal a pozițiilor geografice cu sistemele satelitare de poziționare globală (GPS). Produse comerciale sofisticate, actuale şi ieftine pentru suprafața terestră se obțin relativ uşor din date imagine fotogrammetrice sau de teledetecție. S-au obținut şi se vor obține încă mari progrese în ortofotogrammetria digitală şi video pentru imaginile satelitare şi aeriene. Are loc o specializare continuă şi o diferențiere a produselor în domeniile SIG, CAD şi ale cartografiei digitale. Simularea interactivă, de mare importanță în multe domenii ale proiectării şi testării preliminare a multor soluții tehnice, economice, informaționale etc., devine distribuită. Se dezvoltă exploziv tehnicile de vizualizare a datelor spațiale tridimensionale (inclusiv cele interactive şi pentru realitatea virtuală). Tehnologiile descrise mai sus au şi multe variante hibride. De exemplu, imaginile satelitare de înaltă rezoluție şi ortofotogrammetria digitală permit generarea automată precisă a vederilor tridimensionale ale suprafeței terestre.

Creşterea nevoilor de date geografice

Un factor director în dezvoltările viitoare este şi acumularea simplă a geodatelor. Există doar o singură suprafață terestră şi mulțimea tuturor geodatelor este referită la aceasta, într-un anumit sistem de referință, existând multe hărți tematice, pentru fenomene naturale sau artificiale. Cum geodatele accesibile prin rețea cresc până la zeci de mii de arhive digitale în toată lumea, ele devin o bază bogată, semnificativă pentru un număr mai mare de activități locale, naționale şi globale. Datele spațiale sau geografice devin unul din fundamentele noii culturi mondiale a erei informaționale.

Informația geospațială bazată pe rețea şi scopul folosirii acesteia

Se dau câteva exemple de folosire a geodatelor existente în rețele şi resursele de geoprocesare. Cele mai multe presupun afişarea interactivă simplă, specializată, stilizată a hărții. O mulțime de teme de cercetare pot deriva prin examinarea cerințelor interfeței utilizator a tipurilor de aplicații, precum simplitatea sau modul de generalizare, densitatea de informație, modurile de interactivitate etc.

Oricine poate folosi o interfață pentru a se deplasa, chiar şi virtual, de la un punct A al suprafeței terestre la un punct B. Receptoarele de semnale de la sistemele de poziționare globală (GPS) şi receptorul radiotelefonic dispuse într-un vehicol vor furniza coordanatele punctului A, iar ecranul pentru hartă de la bord extrage din memoria internă, de pe un CD-ROM sau din paginile aurii multimedia, prin intermediul receptorului radiotelefonic, porțiunea de hartă (traseul spre punctul B). Pot fi solicitate şi alte tipuri de geodate.

Geoprocesarea middleware şi componentware va compara distanțele pentru destinațiile multiple posibile. Paginile aurii multimedia, de exemplu, vor arăta timpul de parcurs pentru vizitarea unor obiective alese. Programele trebuie memorate permanent în procesorul de la bordul vehicolului. Aici prin vehicol se înțelege automobil, vapor, avion,

elicopter etc. Pe harta de pe ecran apare cu altă culoare şi ecoul grafic, uneori animat, respectiv drumul parcurs.

Alte aplicaţii geografice pot fi folosite de orice cetăţean în viaţa de zi cu zi. Fiecare are cerinţe specifice pentru interfaţă. Dintre acestea se reţin domeniile: învăţământ/instruire; învăţământ la distanţă; colaborare în cercetare; biblioteci electronice; muzee şi galerii electronice; informare geografică oficială online; analiză geografică specializată; creare şi utilizare de mostre ale realităţii virtuale din imagini terestre pentru jocuri interactive; monitorizare a securităţii unor zone şi răspuns la încălcarea regulilor stabilite; determinare a unor trasee speciale condiţionate; optimizare a distribuţiei produselor; utilizare a unor sisteme inteligente pentru autostrăzi (IVHS) şi localizare a locului de parcare; informare asupra traficului, a vremii; planificare şi urmărire a itinerariilor de deplasare; servicii de călătorie; resurse specifice locale şi recomandări; servicii de informare urbană şi cadastrală; găsire de locuri de muncă şi clienţi pe plan local sau regional etc.

Diferite aplicaţii geografice sunt specifice numai anumitor profesii, dintre care se amintesc: servicii de urgenţă pe autostrăzi (A.C.R.) sau pentru poliţie, pompieri etc.; creare şi utilizare de mostre ale realităţii virtuale din imagini ale suprafeţei terestre, pentru pregătire militară, pregătire pentru cazuri de dezastre şi salvare, proiectare de construcţii şi arhitectură; agricultură şi silvicultură; cercetare a climei, cercetare biologică, ecologică, geologică etc.; planificare urbană, zonală şi naţională; cartografiere automată şi facilităţi de management; supraveghere militară; descoperire, exploatare şi management pentru resurse naturale; management al resurselor acvatice; monitorizare globală şi locală a mediului; planificare a amplasării instalaţiilor comunicaţiilor prin cablu, microunde şi telefonie mobilă; telemedicină; informare maritimă globală şi sisteme de salvare, control al traficului aerian sau fluvial, maritim, terestru; operarea vehiculelor comerciale; alegerea locurilor de amplasare a organizaţiilor comerciale sau a zonelor rezidenţiale, marcheting şi alte aplicaţii geografice specifice; determinare a corespondenţei geografice a angajaţilor potenţiali cu locurile de muncă disponibile sau a furnizorilor potenţiali de servicii cu clienţii potenţiali; reţele ale administraţiei publice; sisteme cadastrale etc. Numărul de aplicaţii cu geodate creşte continuu şi va continua să crească pe măsură ce se dezvoltă infrastructurile naţionale şi globale de date spaţiale.

Hărţile ca parte a vechii şi noii culturi

Hărţile constituie o componentă a multor culturi, deoarece gândirea spaţială este o parte esenţială a relaţiei oamenilor cu mediul fizic şi cultural. Chiar în cele mai simple culturi care nu au trecut la tehnica scrisului, indivizii "desenează" schiţe temporare pentru a-şi reaminti sau a arăta altora cum să găsească drumul într-un teritoriu necunoscut. Oamenii au dezvoltat tehnici spaţiale sofisticate şi abilităţi de comunicare spaţială care sunt o bază pentru alte activităţi, inclusiv simpla determinare a unui itinerar. Infrastructura naţională a datelor spaţiale devine o componentă a infrastructurii informatice naţionale. Sunt create colecţii de simboluri cartografice şi fraze cu aceste simboluri, iar limbajul hărţii este foarte important în spaţiul cibernetic. Cercetarea fundamentală privind motivarea spaţială, memoria spaţială şi comunicarea spaţială va constitui baza dezvoltării corespunzătoare a interfeţelor (pentru) utilizator care folosesc afişarea şi manipularea informaţiei spaţiale.

Şi realitatea virtuală ajută pe utilizatorii de geodate să evalueze sursele de date. Deoarece vor exista foarte multe geodate disponibile şi aceste geodate sunt de cele mai multe ori complexe, de mare importanţă sunt calitatea, conţinutul şi fluxul geodatelor. Ar putea fi folosit un sistem de figuri geometrice pentru a reprezenta anumiţi parametri de conţinut, iar

forma, culoarea şi mişcarea acestora ar putea reda parametrii de calitate. O interfaţă poate fi o hartă sau în general o geoimagine. O dată ce te centrezi pe un spot comandat de un locator, poţi apela diferite pictograme disponibile pe ecran, care reprezintă obiecte de date. E foarte uşor să se găsească mari volume de date pe reţeaua Internet, dar e greu să ştii ce să faci cu ele, cu ce pachete de programe să le prelucrezi. Interfaţa trebuie să furnizeze chiar şi fiecărui individ, uşor şi intuitiv, informaţii privind "calitatea" datelor. Un exemplu simplu este cum află un turist grosimea stratului de zăpadă pe pistele unei staţiuni montane, pentru ziua curentă, când consultă un anumit nod (de exemplu un site românesc, www.alpinet.ro), să vizualizeze chiar imagini recente, nu imagini din timpul verii.

Hărţile digitale - parte a multimedia, realitatea virtuală şi modificări de percepţie

Hărţile pe suport de hârtie sunt o formă specială a comunicării prin intermediul tiparului şi sunt utile exploratorilor, oamenilor de ştiinţă, istoricilor, agenţiilor şi birourilor municipale şi naţionale, militarilor, turiştilor, oficiilor cadastrale, proiectanţilor etc. Utilitatea hărţilor este amplificată în diferite moduri cu ajutorul calculatoarelor şi al reţelelor de calculatoare. SIG pentru o zonă are datele organizate pe teme sau straturi, straturile arătând ca şi hărţile pe film, suprapuse, ale acestei zone, într-un acelaşi sistem de coordonate, având şi o interfaţă vizuală pentru baza de date spaţiale. Este posibil să se consulte SIG pentru a realiza noi hărţi tematice, de exemplu, toate parcelele cu cote cuprinse între 500 şi 1000 m, în zone nepoluate chimic, cu panta sub 10%, la dstanţă de 2000 - 3000 m de o şosea asfaltată etc., utile cuiva pentru amplasarea unei anumite construcţii. Tehnologia digitală permite**:** *memorarea* unei imense cantităţi de geodate (inclusiv accesul prin intermediul unei reţele); *mărirea* (zooming), deplasarea în planul ecranului (panning) şi alte tipuri de *proceduri interactive* de manipulare a geoimaginii, care înlătură limitările spaţiale ale hârtiei şi ale acuităţii vizuale umane; *urmărirea* în timp real a deplasării; *intrarea datelor* direct de la sateliţii sistemelor de poziţionare globală (GPS) şi ai celor de observare a Pământului; *afişarea instantanee* a datelor nespaţiale - text, imagini, grafice etc., asociată cu detaliile şi poziţiile selectate ale hărţii.

Prin intermediul hărţilor tipărite pe hârtie, fiecare om se familiarizează cu abstractizările grafice ale spaţiilor terestre întinse. Hărţile digitale aplică această proprietate sau convenţie de prezentare a informaţiei la domenii informaţionale imense ca întindere şi diversificare. Hărţile digitale şi zborurile virtuale pe deasupra sau printr-un domeniu spaţial tridimensional vor constitui o componentă importantă a multor interfeţe grafice pentru utilizator, deoarece fiecare om înţelege intuitiv hărţile şi vederile din aer sau din spaţiul extraatmosferic şi multe tipuri de informaţii au o componentă spaţială care face utile reprezentările şi vizualizările spaţiale.

Vizualizarea informaţiei geografice sau vizualizarea geografică a informaţiei permite oamenilor să sesizeze schimbările şi chiar prognozarea realităţii. Aplicaţiile privind realitatea virtuală folosesc reprezentările fenomenelor spaţiale reale, dar şi ale fenomenelor nonspaţiale, pur şi simplu deoarece creierul uman este obişnuit să rezolve probleme în spaţiul tridimensional. Părţi importante ale componentei software şi ale datelor necesare pentru configurarea şi popularea ciberspaţiului vor fi preluate de la aplicaţiile de geoprocesare, din arhivele de geodate digitale şi din fluxurile curente de date. În mod similar şi cercetările din domeniul gândirii spaţiale vor beneficia atât de "spaţiul real", cât şi de aplicaţiile privind ciberspaţiul.

Noi probleme de cercetare

Multe probleme de cercetare fundamentală şi aplicativă pot fi identificate în cele de mai sus. Cercetarea trebuie să aibă în vedere interoperabilitatea geoprocesării, având în vedere marele volum de date şi diversitatea acestora, în primul rând în sensul că datele spaţiale vor avea un rol deosebit în interfeţele spaţiale, când diverse subsisteme pot schimba între ele diferite tipuri de date şi pot accesa alte resurse de geoprocesare ale subsistemelor. Foarte multe aplicaţii vor folosi geodate, iar dezvoltatorii de aplicaţii se vor axa mai ales pe dezvoltarea de interfeţe. Aceştia trebuie să posede atât cunoştinţe cartografice, cât şi informatice referitoare la interfeţe. Interfeţele trebuie să apeleze diferite proceduri cartografice, dar şi de analiză geografică sau spaţială, de simulare, de lucru în spaţiul virtual etc.

Fiecare om vede lumea diferit şi ca atare sunt necesare specificaţii riguroase pentru datele spaţiale, astfel ca acestea să satisfacă toate cerinţele, dar să fie de volum optimizat, fără redundanţă sau cu o redundanţă minimă, necesară doar pentru control şi verificare a preciziei. Aceleaşi date pot avea pentru diferiţi utilizatori denumiri diferite, atribute diferite, diferiţi parametri descriptivi, precum şi alte tipuri de metadate.

Credem că temele de cercetare şi proiectele de dezvoltare privind interfeţele geografice vor genera multe concepte ce trebuie să aibă în vedere, în special în universităţi, efectele cognitive şi sociale ale dezvoltării în subdomeniul spaţial al lumii multimedia şi analiza modului de introducere în interfeţe a pictogramelor şi procedurilor corespunzătoare viziunii viitorului. Instituţiile guvernamentale trebuie să aibă un rol deosebit în stabilirea şi planificarea temelor de cercetare şi în finanţarea celor care servesc dezvoltarea instituţiilor fundamentale ale ţării şi a legăturilor cu alte instituţii mondiale. Prin participarea coordonată a multor utilizatori (experţi persoane fizice sau organizaţii de stat şi particulare) în activităţile de planificare şi de stabilire a specificaţiilor SIG, Oficiul Naţional de Cadastru, Geodezie şi Cartografie (ONCGC) asigură ca furnizorii să livreze echipamente, programe şi tehnologii cu caracteristici care să corespundă necesităţilor stabilite şi ca tehnologia SIG să devină parte a economiei şi culturii naţionale sau globale.

Prof.univ.dr. Mihai Ielenicz, Decanul Facultăţii de Geografie

INTRODUCERE

Un sistem informațional geografic este un ansamblu de subsisteme, destinat pentru culegerea, prelucrarea, integrarea, stocarea, extragerea, prezentarea şi furnizarea datelor şi informațiilor geografice. Ca subsisteme pot fi considerate echipamentele (în care rolul principal îl au calculatoarele electronice), programele, bazele de date şi de cunoştinţe, tehnologiile şi personalul de proiectare, realizare şi exploatare. Informația geografică este prezentată pe teme diferite, dar referite la un cadru geografic sau cartografic unitar. Fiecare temă este concretizată printr-un "strat" de date. Un sistem informațional geografic poate fi utilizat pentru realizarea de combinații ale relațiilor geografice ale diferitelor straturi de date şi prezentarea unei hărți ca rezultat al analizei geografice. Temele individuale pot fi prezentate şi separat.

Sistemele informaționale geografice trebuie să se dezvolte în cadrul larg al infrastructurii informaționale. În conceperea, proiectarea, dezvoltarea, implementarea şi întreținerea unui asemenea sistem se disting următoarele *faze generale*: specificarea datelor şi surselor de date (definirea intrărilor); culegerea, transmiterea, memorarea, prelucrarea, structurarea, stocarea şi regăsirea datelor şi informațiilor; folosirea datelor şi informațiilor în activitățile decizionale şi de acțiune asupra mediului înconjurător.

Realizarea sistemelor este favorizată de dezvoltarea geoştiințelor, a tehnicii de calcul şi a produselor program, a informaticii, ciberneticii etc.

Lucrarea abordează probleme teoretice şi practice ale metodelor de proiectare a unui sistem, de alegere şi completare a programelor, de structurare, culegere, validare şi utilizare a datelor (cu accent pe metodele fotogrammetrice, cartografice şi de teledetecție de culegere), de utilizare a datelor pentru realizarea unor produse etc.

În **capitolul I** sunt definite societatea informațională şi sistemul informațional geografic (fazele de realizare, proprietățile, avantajele de folosire etc.). Sunt date exemple de asemenea sisteme. Este descrisă analiza geografică şi sunt exemplificate unele rezultate ale analizei. Subcapitolul 1.3 tratează structurile de date geografice, cu accentuare pe cele topologice şi pe cele orientate pe obiecte (concepție, mecanisme şi construcții de abstractizare etc.), concluzionându-se asupra criteriilor de alegere a unei anumite structuri. O tratare aparte este cea a proiectării unui sistem informațional geografic (SIG), respectiv comparația statistică a funcționalității pachetelor de programe SIG (subcapitolul 1.4, după o clasificare a programelor pe baza coeficienților de similaritate şi a analizei grupărilor) şi identificarea nevoilor de date geografice digitale (subcapitolul 1.5), cu indicarea domeniilor de aplicare şi utilizare, tipurilor şi surselor, a structurii geometrice, a preciziei, a conținutului, modului de distribuție, a ciclurilor de actualizare, a nivelului de detaliere etc. Sunt oferite astfel două metode obiective de proiectare, cu prezentarea grafică şi numerică sugestivă a rezultatelor.

Capitolul al II-lea analizează dezvoltările în fotogrammetrie, teledetecție şi cartografie, pentru a justifica utilizarea metodelor acestora la realizarea şi utilizarea SIG. Subcapitolul 2.1 dezvoltă concepția de geoimagini, ca o generalizare a tuturor purtătorilor de informații referitoare la spațiul geografic. Sunt tratate stadiul şi tendințele de obținere a imaginilor sursă, tehnologiile, algoritmii şi procedurile de prelucrare a datelor, produsele cartografice, fotogrammetrice şi de teledetecție ce pot fi realizate cu SIG, harta ca sursă şi ca

produs principal al SIG, funcțiile hărții în noua postură a acesteia, noile produse cartografice multimedia, necesitatea dezvoltării limbajului cartografic în noua concepție etc. Se exemplifică un sistem geoiconic digital complex, descriindu-se segmentele sistemului, particularitățile de realizare, pregătirea personalului etc. Concluziile trase se referă la modul de utilizarea a tehnologiilor fotogrammetrice, cartografice şi de teledetecție în proiectarea şi realizarea SIG.

Capitolul al III-lea tratează unele aspecte matematice în realizarea SIG, dezvoltate insuficient în literatura de specialitate. Subcapitolul 3.1 tratează utilizarea în SIG a teoriei informației, respectiv determinarea cantității de informație a geoimaginilor sau a unei zone terestre şi codificarea detaliilor şi datelor. Determinarea cantității de informație comportă clasificarea elementelor după diferite sisteme (pe baza coeficienților de corelație Pearson, de distanță, cosinus-theta etc.), analiza grupărilor rezultate, calculul cantității de informație a clasificării, calculul cantității de informație a geoimaginii (bazei de date) şi calculul coeficientului generalizării SIG. Este exemplificată metoda pentru clasificarea unor localități dintr-o anumită zonă după numărul locuitorilor, cu determinarea intervalelor de clasificare cu diverse metode (progresiei geometrice, progresiei aritmetice şi seriilor). În tabelul 3.3 sunt dați parametrii metodelor de clasificare (numărul de intervale, cantitatea de informație *H,* entropia maximă, entropia relativă şi redundanța). Concluzia care rezultă este că se aplică metoda care dă redundanța minimă (pentru cazul din tabel, metoda seriilor, pentru care redundanța este 0,061). Conținutul informațional al unei zone de teren ridicate geodezic şi topografic, a imaginii-hartă a acesteia sau a bazei de date vectoriale este calculat cu relația dată de Schlage (1996), ținându-se seama de numărul de detalii individualizate, perioada de existență a detaliului, numărul de clase ale detaliului, coeficientul dimensional al "imaginii" detaliului, numărul de detalii *k*-dimensionale, numărul de puncte caracteristice ale unui detaliu (simbol), gradul de complexitate al detaliului (simbolului), coeficientul de importanță al detaliului (simbolului) şi numărul total de fragmente sau caractere din compunerea detaliului (simbolului). S-a făcut calculul doar pentru o parte din suprafețele foilor de hartă la scările 1:25.000, 1:50.000 şi 1:100.000, obținându-se datele din tabelul 3.4. S-a calculat şi coeficientul teoretic al generalizării şi s-a concluzionat că generalizarea cartografică a fost corectă. La realizarea unor baze de date, determinarea cantității totale de informații a bazei poate fi făcută doar după popularea acesteia.

La codificarea datelor şi detaliilor s-au tratat baza matematică a codificării şi soluțiile de introducere a cuvintelor de cod, alegându-se ca soluție optimă tehnica meniurilor.

Algoritmul de căutare a domeniului ortogonal generalizat folosind aproximarea pe straturi a spațiului multidimensional (3.2) a fost tratat ca o problemă generală ce are aplicabilitate la generarea semnelor convenționale areale şi la consultarea bazei de date a SIG. Algoritmul a fost realizat pentru spațiile 2D şi nD. Rezultatele concrete ale corectitudinii algoritmului sunt demonstrate în capitolul al IV-lea.

Subcapitolul 3.3 tratează precizia datelor şi produselor SIG, cu referiri la tipurile şi sursele de erori, precizia pozițională, precizia atributelor, precizia conceptuală, precizia logică etc. O problemă importantă este aprecierea preciziei de clasificare cu ajutorul coeficientului Kappa (pentru care s-a dat şi un exemplu în anexa F(e)) şi aprecierea generalizării, aşa cum s-a arătat, cu metodele analizei informaționale. O altă problemă o constituie studiul erorilor de digitizare, în special pentru transformările polinomiale aplicate în diferite faze tehnologice, cu aprecierea influienței fiecărui termen al transformării şi a modului de dispunere a punctelor, metodă ce poate fi extrapolată tuturor tipurilor de transformări. Reprezentarea grafică a

erorilor de digitizare permite o înțelegere intuitivă a acestora (anexa F(a,b,c,d)). Schema (d) din anexa F arată modul de cumulare a erorilor.

Subcapitolul 3.4 tratează detectarea limitelor în prelucrarea imaginilor, analizându-se rezultatele aplicării a cinci filtre (Roberts, Prewitt, Sobel, Kirsch, Log) asupra unor imagini sintetice şi asupra unor imagini fotogrammetrice. Metodologia de analiză constituie o altă problemă importantă pentru automatizarea culegerii datelor. În final se concluzionează asupra particularităților de aplicare a fiecărui filtru.

Capitolul al IV-lea tratează metodele, algoritmii şi procedurile de culegere şi validare a datelor SIG. Subcapitolul 4.2 descrie generalizat metodele de culegere a datelor topogeodezice (folosirea sistemelor de poziționare globală NAVSTAR sau GLONASS şi a aparatelor topografice moderne). Subcapitolul 4.3 tratează culegerea datelor vectoriale prin digitizarea hărților şi ortofotogramelor, respectiv procedurile de digitizare raster-vectorială semiautomată şi automată. O contribuție importantă este recunoaşterea automată a obiectelor punctuale (4.3.1.2.1) folosind serii Fourier şi teoria mulțimilor fuzzy, ambele metode ducând la aceleaşi rezultate. Subcapitolul 4.4 tratează digitizarea vectorială fotogrammetrică, respectiv exploatarea fotogrammetrică la stereorestitutoarele analogice şi la aparatele fotogrammetrice analitice. Sunt prezentate programele de prelucrare întocmite de autori şi experimentate pe date curente de producție şi în special pe date rezultate din măsurarea imaginilor obținute în poligonul fotogrammetric național. Principalele probleme asupra cărora s-a insistat sunt aplicarea corecțiilor suplimentare după orientarea interioară numerică pe baza coeficienților de distanță, prin diminuarea discordanțelor din indicii de referință, reprezentarea grafică a discordanțelor după orientarea absolută cu ajutorul programelor specifice modelelor digitale ale terenului şi proiectarea tehnologiei de măsurare, prelucrare şi interpretare.

Subcapitolul 4.4.3 tratează prelucrarea imaginilor digitale, în completare la operațiunile de prelucrare descrise în capitolul al III-lea. Sunt tratate problemele şi soluțiile privind recunoaşterea formelor în fotogrammetrie, procedura de recunoaştere bazată pe detalii, aplicată fotogramelor la scară mare. O problemă aparte este analiza multirezoluție în SIG, pentru care s-au realizat tehnologia, algoritmii şi procedurile de detectare a limitelor zonelor multirezoluție pe baza piramidelor imagine şi de detectare a limitelor multirezoluție pe baza focusării pe frontiera zonei (piramida generalizează histograma din plan).

În anexa D se prezintă rezultatele prelucrării imaginilor cu procedurile realizate de autor sau cu cele ale altor pachete de programe de firmă utilizate. Anexa cuprinde localizarea zonei de studiu, imaginile unei subzone referitoare la folosința terenului, tipurile de sol, adecvarea terenului pentru sisteme agroforestiere, terenul pentru culturi bazate pe precipitații, folosirea optimă a terenului şi hazardul la eroziune, respectiv adecvarea pentru sisteme agroforestiere pentru întreaga zonă. În anexă sunt prezentate şi rezultatele aplicării filtrelor de detectare a limitelor, fiind date imaginile sintetică şi fotografică inițiale, limitele detectate pentru imaginea sintetică normală şi pentru o subimagine sintetică înclinată, limitele detectate pentru imaginea fotografică şi imagini combinate din imaginea fotografică inițială şi imaginile limitelor detectate cu diferite filtre. Trebuie să se remarce că şi rezultatele prezentate în prima parte a anexei au fost obținute inclusiv prin aplicarea celor cinci filtre de detectare a limitelor, precum şi a altor filtre.

Capitolul al V-lea tratează problematica realizării produselor SIG. Subcapitolul 5.1 tratează construcția hărților, surse şi în acelaşi timp produse principale ale SIG, respectiv limbajul de descriere a semnelor convenționale, procedurile de construcție (generare) automată a fragmentelor de simboluri şi simbolurilor punctuale, liniare şi areale, meniurile pentru semne convenționale şi inscripții. Autorii prezintă funcțiile programelor realizate şi

exemple de proceduri de generare a semnelor convenţionale şi inscripţiilor şi de construcţie şi editare a hărţilor. Exemplele practice din capitol şi din toate anexele demonstrează corectitudinea programelor întocmite. Cele de mai sus sunt contribuţii originale ale autorilor şi au aplicabilitate deosebită atât la realizarea hărţilor complexe (topografice şi tematice deosebite) în organizaţii de profil cartografic, cât mai ales la realizarea hărţilor tematice cu conţinut simplificat (la imprimante color), când se folosesc numai date extrase din SIG. O aplicabilitate militară deosebită este suprapunerea prin afişare sau tipărire pe hărţile topografice sau tematice complexe de noi straturi, de exemplu situaţia operativ-tactică dintr-o zonă de acţiune (responsabilitate). În anexa C se arată modul de rezolvare a unor probleme dificile de cartografie, care pot fi aplicate în principiu la orice reprezentare grafică în SIG, respectiv plasarea inscripţiilor (C(a)), deplasarea reciprocă a obiectelor (C(b)), generalizarea detaliilor punctuale prin detalii areale (C(c)), simbolizarea complexă (C(d)) şi rezolvarea problemei alinierii şi racordării la generarea semnelor convenţionale areale (C(e)). Pentru fiecare caz în parte se arată grafic principiul de rezolvare, se indică procedurile scrise în AML şi principalele comenzi Arc/Info utilizate.

Subcapitolul 5.2 tratează extragerea informaţiei hidrologice dintr-un model digital altimetric, de importanţă deosebită atât în controlul suprapunerii diferitelor straturi tematice ale SIG, cât şi în problemele de cartografiere, de analiză a situaţiei bazinelor hidrografice şi de proiectare a unor lucrări hidrotehnice (necesitate demonstrată şi de catastrofele în urma unor inundaţii din ultimii ani). Contribuţiile autorilor constau în analiza situaţiei existente (5.2.2), conceperea şi realizarea a două metode şi proceduri de extragere a traseelor de scurgere şi a liniilor de creastă, respectiv, metoda bazată pe structura de date Voronoi (5.2.3) şi metoda bazată pe structura de date de tip grilă (5.2.4), numerotarea punctelor traseelor şi construcţia arborescenţei reţelei. Se concluzionează asupra cazurilor de folosire a celor două metode şi asupra avantajelor şi dezavantajelor.

Subcapitolul 5.3 tratează reprezentarea plană prin umbre a variabilelor de tip $z=f(x,y)$, cazul reprezentării reliefului fiind un caz particular. După prezentarea generală a problemei, sunt propuse soluţiile de vizualizare (bazate pe simularea luminii şi umbrelor, modelul de simulare considerând o singură sursă aflată la o distanţă foarte mare şi că suprafaţa iluminată nu reflectă energia luminoasă), dezvoltă modelul de profile şi umbrirea compus – color. În anexele D şi E(d) este arătată reprezentarea grafică a hărţii în relief a ţării noastre cu algoritmul propus şi descris de autori, folosind ca date iniţiale datele de tip grilă (DTED), preluate prin reţeaua Internet, puse la dispoziţie de Agenţia Naţională de Cartografie şi Imagistică a S.U.A. (NIMA),.

Subcapitolul 5.4 prezintă exemple de alte modele de produse realizate cu datele SIG, exemple fiind arătate şi în anexa E. Toate aceste produse se obţin cu programe şi tehnologii foarte diferite, de aici rezultând complexitatea SIG.

Mulţumim Facultăţii de Geografie a Universităţii din Bucureşti, în mod deosebit domnului decan prof.univ.dr. Mihai Ielenicz, pentru tipărirea acestui manual şi pentru condiţiile create de introducere în programele de învăţământ a cursurilor "Sisteme informaţionale geografice" şi "Cartografie computerizată", care completează cunoştinţele însuşite la cursul de "Geoinformatică", dând noi dimensiuni pregătirii studenţilor, celor ce urmează cursuri postuniversitare, doctoranzilor şi tuturor cadrelor didactice.

Autorii

CAPITOLUL I : SISTEME INFORMAȚIONALE GEOGRAFICE

1.1 Societatea informațională

Societatea postindustrială se bazează pe o *“**economie a informațiilor şi a cunoaşterii**”,* cu o infrastructură definită de comunicații şi de calculatoare (ca expresie hardware şi software), care permite globalizarea schimbului de informații şi de cunoştințe, în cadrul unor noi modele de dezvoltare. Expresia de societate postindustrială modernă este creată de tehnologia intelectuală, având drept caracteristici naturale majore *informația* şi *cunoaşterea,* spre deosebire de societatea industrială, care se bizuie pe o *tehnologie a maşinii* pentru amplificarea sau înlocuirea muncii fizice.

“***Economia informațiilor şi a cunoaşterii***” diferă de “***economia de bunuri***”. Problema principală a noii societăți este realizarea unei noi infrastructuri, dar nu prin eliminarea celei vechi, ci prin adaptarea sa. Noile produse, informațiile, exprimate prin mulțimi de date, pot fi livrate utilizatorilor, dar, spre deosebire de bunuri, rămân şi la cel ce le crează, ba mai mult, pot fi revândute de mai multe ori, cel ce le crează beneficiind şi de dreptul de autor.

Infrastructurile informaționale trebuie create la nivelele organizațional, zonal (comunal, orăşenesc, municipal, județean, național, regional etc.) şi global. În ultimii ani, dezvoltarea acestora s-a făcut similar cu evoluția calculatoarelor electronice care ofereau servicii de prelucrare a datelor din deceniile al şaptelea şi al optulea ale acestui secol. Pentru dezvoltarea infrastructurii informaționale este necesară, pentru orice nivel, luarea unor măsuri ca: elaborarea unei strategii de dezvoltare; menținerea şi dezvoltarea capacității de cercetare, dezvoltare şi inovare; crearea condițiilor de legare cu infrastructura de nivel superior (municipal, județean, național, continental sau global); crearea cadrului legal şi al reglementărilor necesare infrastructurii şi sistemelor informaționale.

Sistemele informaționale spațiale (geografice) trebuie să se dezvolte în acest cadru larg al dezvoltării infrastructurii informaționale, fiind, după unii autori, componentă a acesteia. Societatea informațională este deci o societate bazată pe cunoştiințe şi informații. Tehnologiile specifice acestei societăți constau în producerea, prelucrarea, structurarea, memorarea, transmiterea, recepționarea şi utilizarea informației (considerată a fi materia primă a cunoaşterii). Competitivitatea unei organizații, a conducerii unei zone sau a unei țări are ca factor de bază accesul uşor şi rapid la informații şi cunoştințe în ambele sensuri – şi de la cei ce conduc la cei conduşi, cât şi invers.

Infrastructura informațională globală este deja o realitate care va marca evoluția lumii şi va marca profund viața individului şi a comunităților umane, activitatea economică mondială şi zonală. Uneori este neglijată chiar tehnologia de producere a informației. Rețeaua Internet permite şi informarea, dar şi realizarea unor operațiuni de producție şi comerciale.

1.2 Sistemul informațional geografic

1.2.1 Sistemul informațional spațial

Printre sistemele informaționale dezvoltate în ultimele decenii, un rol aparte îl au sistemele informaționale spațiale, sisteme concise sau elaborate (Nițu, C., 1992 Longley, 1995), care înregistrează, prelucrează, memorează, furnizează şi utilizează datele despre obiectele, evenimentele şi fenomenele caracteristice unui spațiu dat. Informația referitoare la aceste elemente are caracteristici metrice şi semantice. Dintre caracteristicile sau atributele metrice, un rol preponderent îl au datele de poziție, respectiv coordonatele. Când spațiul definit este o zonă terestră mică, sistemul informațional spațial (SIS) devine sistem informațional teritorial (SIT). Când spațiul de definiție a poziției elementelor este spațiul geografic, SIS devine sistem informațional geografic (SIG). Un SIG poate rezulta din concatenarea şi generalizarea unor sisteme informaționale teritoriale ale unor zone adiacente. În unele țări se acceptă doar denumirea de sisteme informaționale teritoriale pentru toate aceste genuri de sisteme.

În cazul SIG, datele de poziție sunt coordonatele geografice, definite într-un datum geodezic acceptat, universal.

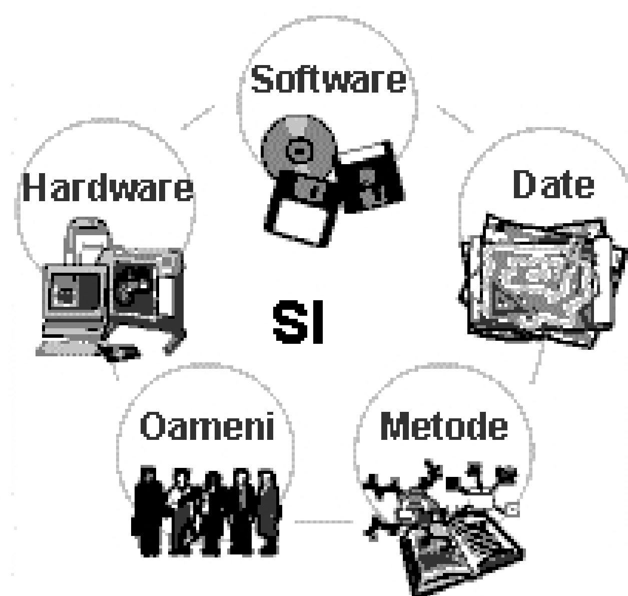


Fig. 1.1 Componentele unui sistem informațional (după ESRI)

SIG cuprinde, într-o accepțiune mai largă, fazele de la specificarea datelor de intrare până la deciziile de control asupra proceselor naturale, economice sau sociale, iar într-o accepțiune limitată, numai fazele de la specificarea datelor de intrare, până la afişarea rezultatelor sub formă grafică (cartografică) sau alfanumerică. Ieşirile sistemului sunt folosite în acest caz de către alte sisteme informaționale (de protecție a mediului, de management economic, militar etc.). Elementele unui SIG sunt grupate în: *hardware* (calculatorul electronic, rețeaua de calculatoare, perifericele obişnuite de intrare – ieşire şi de memorare, perifericele specializate utilizate în special la culegerea datelor, rețelele de comunicații etc.); *software* (programele de sistem, programele de comunicații, programele de gestiune a datelor, programele ce asigură prelucrarea şi validarea datelor culese, programele de analiză geografică etc.); *sursele şi colecțiile de date şi informații cu produsele ce le conțin*; *tehnologiile* de culegere, validare, organizare, stocare, furnizare şi utilizare a datelor şi informațiilor sub diferite forme; *personalul* ce proiectează, realizează şi utilizează sistemul.

Sistemele se pot categorisi în multe moduri. Astfel, după destinaţia produselor (ieşirilor), pot exista sisteme informaţionale topografice, cadastrale, geologice, hidrologice, oceanografice, glaciologice, meteorologice, silvice, de transport etc.

Exemple de asemenea sisteme sunt date mai jos.

După domeniul de definiţie pentru date sistemul poate fi municipal, judeţean, regional, naţional, continental, intercontinental şi global. Nu există încă un SIG *"total"* pentru o zonă dată, care să satisfacă utilizatorii tuturor domeniilor economice, sociale sau naturale existente. Interconectarea tuturor sistemelor domeniilor face ca sistemele să devină subsisteme distribuite ale unui sistem integrat virtual.

1.2.2 Fazele realizării şi proprietăţile de performanţă ale SIG

În conceperea, proiectarea, dezvoltarea, implementarea şi întreţinerea unui SIG se disting următoarele *faze generale*: specificarea datelor (definirea intrărilor); culegerea, transmiterea, memorarea, prelucrarea, structurarea, stocarea şi regăsirea datelor şi informaţiilor; folosirea datelor şi informaţiilor în activităţile decizionale şi de acţiune asupra mediului înconjurător.

Proprietăţile de performanţă ale sistemului sunt: calitatea de a culege, stoca şi regăsi rapid datele necesare; securitatea, siguranţa şi mentenabilitatea datelor; compatibilitatea sistemului cu alte sisteme; timpul de răspuns la cererea de date şi informaţii; coerenţa sistemului (legătura logică a datelor stocate şi a tipurilor de proceduri utilizate); flexibilitatea sistemului; capacitatea sistemului de a acţiona continuu pentru realizarea scopului propus; randamentul sistemului.

1.2.3 Avantajele folosirii SIG

Avantajele folosirii SIG sunt următoarele:

-reducerea operaţiunilor de rutină şi automatizarea luării deciziilor în probleme care implică folosirea datelor geografice;
-identificarea cuantificată a problemelor organizării şi a operaţiunilor tehnice cu date geografice;
-controlul obiectiv al calităţii datelor şi al operaţiunilor (obiectivizarea controlului);
-verificarea automată a îndeplinirii restricţiilor, regulilor şi normativelor în domeniul folosirii datelor geografice;
-eliminarea duplicării funcţionale în lucrul cu date şi informaţii geografice;
-reducerea ciclului proiectare – realizare – evaluare pentru diferite domenii de activitate care folosesc date referite în spaţiul geografic;
-diversificarea formelor de prezentare a produselor ce conţin date spaţiale (geografice);
-creşterea parametrilor de precizie a datelor ce definesc poziţia geografică sau a datelor derivate din (referite la) acestea;
-posibilitatea de a răspunde în timp real sau cvasireal în cazul unor evenimente neprevăzute (cutremure, inundaţii, alunecări de teren etc.).

1.2.4 Exemple de SIG

Pe plan mondial s-au realizat sau sunt în curs de realizare sisteme informaţionale geografice cu scopuri multiple sau cu scopuri particulare. S-au dezvoltat şi problemele teoretice şi metodologice referitoare la SIG. În cercetările ştiinţifice sunt angrenaţi cartografi, fotogrammetrişti, geografi, specialişti în teledetecţie, statisticieni, informaticieni etc. Printre cele mai vechi sisteme se amintesc WDB, GBF/DIME şi GIRAS (S.U.A.), RGU (Franţa),

NIMS (Suedia) etc. SIG militare (Bernard, 1990) au un rol deosebit în pregătirea şi ducerea operaţiilor şi luptelor şi în asigurarea logistică.

La început sistemele s-au dezvoltat prin metoda "încercărilor şi erorilor", pornindu-se de la necesităţi practice imediate. Un sistem global cunoscut este WWW (World Wether Watch, a nu se confunda cu prescurtarea utilizată în Internet), un SIG meteorologic ce cuprinde toate instituţiile meteorologice ale tuturor ţărilor, interconectate. În Marea Britanie a fost realizat sistemul ENVIRON pentru rezolvarea unor probleme demografice.

Alte sisteme care deţin întâietatea ca timp de începere a realizării şi nivel de funcţionalitate sunt descrise mai jos, specificându-se deţinătorul, suportul de date, datele tematice cheie, anul de începere a realizării etc. (Longley, 1990; Maguire, 1995):

a) **Denumire:** CAGEAS
Deţinător (realizator): US Census Bureau, Washington D.C.
Date cheie: Agricultură, ferme: numărul de ferme pe districte şi state, folosirea terenului, sisteme de irigaţii, suprafeţe irigate, recolte pe ani, depozite, valoarea producţiei vândute a fermelor, fermele clasificate după diferite caracteristici, caracteristici de exploatare ale fermelor, tipul de organizare, valoarea de piaţă a fermelor, vârsta şi ocupaţia principală a celui ce conduce exploatarea fermei
Organizarea datelor: Bază de date relaţională (BDR)
Anul începerii funcţionării sistemului: 1987
Infrastructura: Reţele de calculatoare, software eterogen, dar omogen ca funcţionare
Zona geografică: S.U.A., statele S.U.A.

b) **Denumire:** CPH (populaţie şi clădiri)
Deţinător (realizator): US Census Bureau, Washington D.C.
Date cheie: Pentru fiecare cetăţean - codul numeric personal, numele şi prenumele, sexul, data şi locul naşterii, starea civilă, rasa, studii, ocupaţia, venitul anual, domiciliul, raportul cu locuinţa etc.; pentru fiecare locuinţă – tipul locuinţei, situaţia, proprietarul, actul de proprietate, cine locuieşte, actul de închiriere, numărul de camere, suprafaţa locuibilă etc.
Organizarea datelor: BDR
Anul începerii funcţionării sistemului: 1987
Infrastructura: Reţele de calculatoare, software eterogen, dar omogen ca funcţionare
Zona geografică: S.U.A., statele S.U.A.

c) Denumire: CSIGAS (servicii)
Deţinător (realizator): US Census Bureau, Washington D.C.
Date cheie: Servicii de sănătate, servicii pe profesii, hoteluri şi moteluri, ateliere de reparaţii, servicii de personal şi de afaceri, parcări, teatre, muzee, galerii, alte instituţii de cultură, grădini botanice, grădini zoologice, locuri de recreere, notariate, alte birouri legislative etc., cu diferite caracteristici
Organizarea datelor: BDR
Anul începerii funcţionării sistemului: 1987
Infrastructura: Reţele de calculatoare, software eterogen, dar omogen ca funcţionare
Zona geografică: S.U.A., statele S.U.A.

d) Denumire:US Tiger
Deţinător (realizator): Geological Survey (în colaborare cu US Census Bureau)

Date cheie: Străzile principalelor metropole din S.U.A., pe metropole, cu acces prin Internet, cu denumire, sens de parcurgere, trafic pe ore ale zilei şi pe perioade diferite, gradul de poluare, unele limite ale zonelor areale etc.
Organizarea datelor: Structură topologică (TIGER)
Anul începerii funcţionării sistemului: 1990
Infrastructura: Servere de date pe metropole şi centrale, accesate prin Internet
Zona geografică: Metropolele S.U.A.

e) Denumire: SCEDP/SCIP (afaceri şi planificare)
Deţinător (realizator): University of South Carolina
Date cheie: Ocuparea terenului (în vederea proiectării de noi întreprinderi, firme, utilităţi etc.); straturi de date cu reţeaua de transport, sistemele hidrotehnice, reţeaua acvatică, calitatea aerului, acoperirea terenului şi folosinţa terenului, demografia, firmele industriale, comerciale, bancare, de afaceri etc. existente ş.a.
Organizarea datelor: Structuri topologice, structuri raster grosiere în BDR, trecere în anii următori la structura de date pe obiecte
Anul începerii funcţionării sistemului: 1996
Infrastructura: Server de date şi reţea de calculatoare în Carolina de Sud, cu acces rezervat beneficiarilor codificaţi
Zona geografică: Carolina de Sud

f) Denumire: EuroMOSAIC
Deţinător (realizator): CCN (Marea Britanie şi celelalte ţări ale CE)
Date cheie: clase de consumatori în Comunitatea Europeană, caracteristici demografice, sociale şi de locuit
Organizarea datelor: Bază de date relaţională pentru atribute, structură topologică pentru date spaţiale
Anul începerii funcţionării sistemului: neprecizat
Infrastructura: : Servere de date, central şi în capitalele ţărilor CE , accesate prin Internet
Zona geografică: Ţările Comunităţii Europene

f) Denumire: National Cadastral (Austria)
Deţinător (realizator): Austrian Federal Agency for Cadastry (prin Datamed)
Date cheie: Cadastru, parcelă, proprietar, hartă cadastrală, folosinţa terenului
Organizarea datelor: Bază de date relaţională, structură topologică pentru date spaţiale
Anul începerii funcţionării sistemului: În curs de realizare
Infrastructura: 68 servere la agenţie şi oficiile regionale, software de la ESRI
Zona geografică: Teritoriul Austriei

Numai în anul 2.000 au fost comunicate ca realizate şi livrabile imediat importante colecţii de date, specificate în presa de specialitate (între paranteze sunt date firmele): date despre frontiere, în cod ZIP (Caliper); baza de date hidrografice (CARIS); două hărţi numerice pentru Europa - ArcEurope Base Map şi ArcEurope Demographics, de fapt două puternice baze de date geografice sau cartografice (ESRI); ultimul catalog CAE - CAE Directory (lansat pe site-ul TenLinks.com); cea mai mare arhivă online de imagini ale planetei Pământ **(**dată în exploatare de GlobeXplorer**);** "hartă multistrat completă" - Versatile MAP (Magellan); baza de date geografice Census 2000, care conţine totalitatea datelor statistice pentru SUA, statele, districtele şi localităţile componente, existând şi date vectoriale pentru frontierele tuturor diviziunilor administrative (Census Bureau, SUA); bază de date geografice

complexă, denumită Virtually Canada - Canada virtuală (Geomatics Canada) etc. O colecție interesantă de date este Global Data Bundle, care conține datele mai multor baze realizate anterior independent, respectiv ale DCW (harta digitală a lumii, obținută din digitizarea foilor hărții de aeronavigație la scara 1:1.000.000), ale DTED (date digitale altitudinale) şi ale bazei de denumiri geografice (World Place Name Database), livrabile împreună la prețuri rezonabile.

1.2.5 Analiza geografică

Analiza geografică se bazează pe utilizarea datelor spațiale în determinarea unor noi atribute ataşate elementelor şi fenomenelor geografice, inclusiv arealelor geografice la scară locală, regională sau globală. Un aspect comun şi recursiv al informației geografice de toate tipurile este că există areale eterogene; această eterogenitate spațială, nestaționaritate sau variație localizată extra-Poisson (sau definită altfel) poate prezenta probleme deosebite pentru modelele statistice convenționale (care presupun relații globale fără particularități spațiale), rezolvarea fiind dată uneori de o soluție destul de simplă. Se folosesc unele proceduri de analiză, dintre care se rețin clasificarea spațială, detectarea eşantioanelor (clusterelor) spațiale, analiza (spațială) fuzzy, detectarea şi modelarea relațiilor spațiale, modelarea prin regularizare, recunoaşterea formelor (paternurilor) spațiale, adăugarea de valori unor noi atribute spațiale etc.

Se acceptă în mod general că apariția analizei geografice este legată de dezvoltarea geografiei cantitative şi statistice, începând din 1950. Kubo (1995) susține că japonezii sunt pionierii analizei geografice din 1930. Anselin (1989), Goodchild et al. (1995) preferă utilizarea expresiei "analiza datelor spațiale".

1.2.5.1 Proceduri de analiză geografică

Clasificarea spațială, care se va trata pe larg în capitolul al IV-lea, presupune împărțirea spațiului contiguu 2D sau 3D în parcele sau unități de volum, cărora să li se atribuie una sau mai multe caracteristici, părțile fiind nedelimitate fizic, frontierele definindu-se ca limite ale domeniului de definiție spațială ale variabilei analizate, de exemplu pentru fenomenul densitate a populației.

Detectarea eşantioanelor (clusterelor) spațiale s-a născut aproape o dată cu calculatorul electronic (în cadrul ciberneticii) şi s-a dezvoltat în paralel cu evoluția acestuia (dar independent) (Vancea, R. et al, 1989). Obiectul recunoaşterii eşantioanelor este deja controversat. In cadrul recunoaşterii formelor, în care eşantioanele au rol determinant, au fost introduse la început toate tentativele de a oferi modele ale unor fenomene, modele care să imite analiza şi descrierea de către om, ba mai mult, să obiectivizeze analiza şi descrierea. Aici au fost introduse probleme din cadrul inteligenței artificiale şi al lucrului interactiv cu calculatorul, în domenii dintre cele mai diverse, precum proiectarea asistată de calculator, tehnicile de recunoaştere a formelor psihologice, biologice, lingvistice, *geografice* etc. Filtrele de detecție a eşantioanelor în cadrul recunoaşterii formelor sunt denumite în geografie "detectoare" (Longley, 1995).

O dezvoltare generală a tehnologiei de clasificare într-un domeniu complet nou este focusată în special pe forme şi eşantioane. Un exemplu elocvent din aplicațiile geografice este folosirea metodelor epidemiologice spațiale pentru determinarea arealelor de prezență a anumitor maladii. Contururile acestor zone definesc formele care trebuie recunoscute (găsite), pe baza unor eşantioane. In acest caz, localizarea (poziția) poate fi folosită ca un filtru spațial în procesul de selecție. Localizarea formelor poate fi, de asemenea, relevantă dacă pot fi

identificate metaforme, folosite apoi în predicție. Sublinierea necesității analizei spațiale este dată de faptul că doar atributele (caracteristicile) social-economice înseşi nu sunt suficiente pentru a descrie sau a face predicția răspunsurilor şi că există interacțiune între aceste atribute (variabile) şi poziția geografică relativă. Interacțiunea este de două feluri – legată de efectele de vecinătate şi legată de efectele de poziție. Exemple ale efectelor de poziție relativă în analiza geografică sunt caracteristici ca: învecinarea cu linia de centură a capitalei; rural sau urban; în centrul oraşului; localizare sezonieră; în centrul comercial sau în centrul industrial; în zonă aglomerată sau neaglomerată; zonă recent populată etc. Atribuirea de valori ale atributelor de mai sus pentru arealele geografice permite o analiză geografică prin determinarea eşantioanelor, apoi a formelor.

Analiza spațială fuzzy. Concepția unui sistem fuzzy în domeniul geografic nu este nouă (Openshaw, 1989), dar un asemenea sistem încă nu s-a realizat. Ideea de bază este să se exploateze incertitudinea (neclaritatea) spațială în sistemele geografice. Există două domenii de incertitudine: primul este dat de asignarea de valori ale atributelor sau de enumerare pentru unele zone (sate, comune, cartiere, oraşe, județe etc.), iar al doilea în asignarea adreselor poştale (pe principiile geografiei poştale) zonelor de mai sus. Cele de mai sus sunt întâlnite mai ales la fenomenele geografice dinamice, incertitudinea fiind dată de precizia de "măsurare" a valorilor unor atribute.

În toate clasificările datelor după mai multe variabile există unele zone pentru care nu există date sau există date incerte. Un exemplu clar este determinarea suprafeței geoidului pentru suprafața țării. Ar trebui să se cunoască valori ale accelerației gravitaționale şi ale cotelor pentru o mare suprafață a zonei vecine țării pentru o interpolare corectă, în caz contrar gradul de incertitudine se măreşte la frontieră. In geografie, se poate considera ca sistem fuzzy cel geodemografic, care ar permite unui utilizator să ceară să i se răspundă ce adrese nu mai sunt actuale (vezi schimbarea frecventă a toponimelor fără actualizarea tuturor denumirilor în teren sau pe modelele terenului – geoimagini sau baze de date) într-o anumită grupă de date, dar sunt "pe aproape" într-un spațiu de similaritate al clasificării. Într-un context spațial cele de mai sus sunt importante, deoarece eterogenitatea internă a sistemului este mare.

Ridicarea gradului de incertitudine ar duce uneori la mărirea excesivă a bazelor de date, deci şi a timpului şi costurilor de culegere, validare şi prelucrare, precum şi la realizarea unor interfețe utilizator complexe. Un sistem ideal ar trebui să se autocalibreze prin identificarea nivelurilor optime de incertitudine pentru orice aplicație geografică. Simularea se poate baza întotdeauna pe sisteme fuzzy.

Detectarea şi modelarea relațiilor spațiale. Altă formă a unei variabile de localizare (relativă) este vecinătatea, care nu este dată explicit, ci trebuie determinată din datele de poziție şi din datele tematice, pentru toate tipurile de obiecte punctuale, liniare şi areale. Chiar relațiile topologice sunt relații apațiale şi ele pot să nu fie date de la început, ci determinate pe baza relațiilor de vecinătate. Tipurile frecvente de relații spațiale sunt analizate în acest capitol.

Problemele ce apar aici sunt doar metodologice. Anumite tipuri de relații spațiale pot fi găsite prin metodele regresiei suprafețelor de tendință, în special la scară macrogeografică, pentru modelarea răspunsului spațial.

Modelarea prin regularizare. În fotogrammetria clasică şi digitală este cunoscută "modelarea" curbelor de nivel după faza de restituție, soluție ce se aplică şi în cartografie la generalizarea traseelor detaliilor liniare neregulate (curbe de nivel, linii de mal etc.) prin trecerea de la o scară mare la o scară mică. Situația se întâlneşte şi în SIG. Utilizatorii vor obiecte areale sau relații spațiale optime, complete ca nivel informațional, evaluabile

comercial, fără a fi în stare în mod necesar să definească dinainte ce caută. Ei ştiu ce vor, dar nu ştiu cum să caute într-o manieră optimă. Îşi introduc toate datele disponibile, aşteaptă ca sistemul să facă restul de operaţiuni. Pe lângă datele iniţiale, trebuie introduse şi alte variabile geografice. În timp trebuie construită şi o bibliotecă de forme care trebuie actualizată permanent. Întotdeauna modelarea cu formele şi variabilele existente este denumită modelare prin regularizare.

O variantă a soluţiei este aplicarea unui algoritm genetic AG pentru a crea o subbibliotecă specifică unui domeniu de utilizare, din biblioteca de forme cu caracter general, extrăgându-se şi adaptându-se anumite forme. Un alt aspect important este necesitatea feedback-ului. Această necesitate nu se bazează pe înţelegerea procesului total, care ar fi prea dificilă. Sistemele ideale "simt" mediul lor şi răspund cererilor acestuia fără să explice sau să descrie cum o fac. Tehnologia există, dar nu este folosită încă (Longley, 1995).

Adăugarea de valori noilor atribute prin geoprocesare. Convenim ca prelucrarea datelor geografice să o denumim geoprocesare (Openshaw, 1989). Utilizarea finală a analizei spaţiale constă în îmbunătăţirea bazelor de date prin geoprocesare şi adăugarea de valori unor noi atribute, derivate din datele iniţiale. Cel mai important caz este ca datele cartografice digitale să se obţină de la organizaţii specializate în realizarea hărţilor topografice clasice şi digitale, formând straturile de bază, urmând a se crea noi straturi în baza de date digitale, adăugând codurile poştale, date ale recensămintelor, alte date precum distanţele de la un detaliu până la diferite detalii liniare sau areale ca de exemplu linii de ţărm, râuri, căi ferate, şosele etc., folosinţa terenului, tipurile detaliate de păduri, localizarea în poligoane de interes, adăugarea de toponime sau alte valori etc.

Detaliile (obiectele) digitale pot fi reclasificate după alte principii şi chiar structura bazei de date poate fi adaptată sau modificată în totalitate. Prin simulare pot fi calculate şi adăugate noi date de predicţie, după modele alese de utilizator.

Proceduri software utilizate în analiza geografică. Metodele de analiză geografică descrise msi sus sunt realizate cu proceduri ale pachetelor de programe SIG. Existenţa acestor proceduri determină funcţionalitatea programelor utilizate în SIG şi această funcţionalitate este avută în vedere la procurarea unuia sau altuia dintre pachetele de programe. O procedură de analiză ştiinţifică a funcţionalităţii este prezentată în acest capitol. Se fac referiri la problemele de implementare a procedurilor ce pot fi utilizate în analiza geografică, cu trimitere la unele pachete de programe cunoscute. În cele ce urmează vor fi descrise unele probleme ce apar în analiza geografică şi procedurile ce le pot rezolva.

Dintre problemele rezolvate prin analiza geografică se amintesc problema unităţii areale modificabile, problema limitelor, interpolarea spaţială, eşantionarea spaţială, autocorelaţia spaţială etc.

În ultimele etape ale modelării spaţiale, în mod normal, analiza trebuie să concluzioneze dacă trebuie să folosească date agregate sau seturi separate de date şi dacă se adoptă o strategie de modelare simplă sau una complexă. Cu ajutorul SIG, cu proceduri puternice de memorare şi gestiune a datelor, de calcul şi afişare, este posibil de a evalua mai corect care este strategia corespunzătoare, prin compararea rezultatelor obţinute cu diferite niveluri de agregare şi complexitate. De exemplu, modelele de migraţie a populaţiei lucrează frecvent cu date agregate şi utilizează câteva scheme totale între arealele recenzate. Alte probleme de modelare folosesc seturi disparate de date, realizând analiza din etape separate de prelucrare.

1.2.5.2 Pachete de programe utilizate în SIG

1.2.5.2.1 Modele de date în SIG

Este posibil să se clasifice pachetele de programe SIG în mai multe feluri (vezi 1.4.1). Una din clasificări are în vedere structurarea şi modul de gestiune a datelor (Maguire et al, 1995). În esenţă, datele pot fi structurate şi stocate în fişiere simple, sau în formatul propriu sistemelor de gestiune a bazelor de date. De aici rezultă şi diferenţele în aplicarea algoritmilor de analiză geografică unei structuri complexe de date sau succesiv unor structuri mai simple. În proiectarea procesării orientate pe fişier, toate datele sunt stocate în fişiere cu diferite organizări, aşa cum permit limbajele de programare orientate pe lucrul cu fişiere. În timpul procesării, fişierele de date sunt transformate cu funcţii alese de utilizator şi se crează noi fişiere. Există multe pachete de programe SIG simple, mici, centrate pe date raster şi implementate pe PC, precum IDRISI, ERDAS şi IMAGINE. Capabilităţile de gestiune a datelor la aceste pachete este totuşi limitată. Utilizatorii unor asemenea pachete nu beneficiază de avantajele SGBD, cu acces multiutilizator, independent faţă de programele de aplicaţii, securitatea datelor şi validarea actualizărilor.

O proiectare alternativă foloseşte SGBD pentru capabilităţi excelente de gestiune a datelor atribute. În asemenea sisteme hibride datele geometrice şi topologice folosite pentru a descrie geografia sunt memorate în fişiere separate de date , pe când atributele asociate obiectelor spaţiale geografice sunt stocate în baze de date şi gestionate cu SGBD. O cerinţă cheie este ca SIG să-şi păstreze integritatea referenţială între datele spaţiale (geometrice şi topologice) şi cele atributive. Datele spaţiale (geometrice şi topologice) sunt stocate în fişiere simple, separate, datorită limitelor SGBD în ceea ce priveşte stocarea datelor, timpul de acces şi limbajele de interogare geografică. În prezent sunt preferate bazele de date relaţionale şi SGBD relaţionale, în acest caz folosindu-se denumirea de "SIG georelaţional" (Newell, 1993). Se întrevede o trecere la bazele de date orientate pe obiecte. Soluţia bazelor de date relaţionale este acceptată şi pentru că multe baze de date existente la organizaţiile mari au această organizare, baze de date ce conţin multe date specifice SIG, în special care aparţin geografiei statistice. Exemple de pachete pentru sisteme hibride sunt ARC/INFO, MGE, Autodesk World, GENAMAP şi Smalltalk.

Al treilea tip de proiect SIG este cel în care sunt agregate toate datele spaţiale şi atributive într-o singură bază de date. Primele două exemple de asemenea pachete sunt SYSTEM9, bazat pe SGBD EMPRESS şi GEOVISION, bazat pe SGBD Oracle.

Pachetul de programe IMAGINE al firmei ERDAS Inc. este un exemplu comun de pachet bazat pe procesarea fişierelor. Primul pachet denumit ERDAS, bazat pe date raster, a fost realizat în anul 1979. Pachetul IMAGINE lucrează cu date raster şi într-o mai mică măsură cu date vectoriale şi este centrat pe prelucrarea imaginilor. Este implementat pe staţii grafice, cu sisteme de operare UNIX. Funcţionalitatea de analiză spaţială a pachetului poate fi împărţită în următoarele grupe: *interpretarea* (clasificarea multivariată – transformata Fourier rapidă şi clasificarea supervizată/nesupervizată; eşantionarea imaginii; filtrarea de convoluţie; analiza componentelor principale); *redresarea*; *reprezentarea într-o anumită proiecţie*; *modelarea spaţială* (peste 150 de operatori şi funcţii, precum operaţiile aritmetice, booleene, condiţionale, de distanţă, exponenţiale, de combinare a culorilor, focale, globale, matriciale, relaţionale, statistice, specifice suprafeţelor 3D, trigonometrice etc.); *analiza terenului* (interpolarea suprafeţelor 3D şi a izoliniilor) etc. Modulul Model Maker este un editor grafic pentru crearea SIG şi procesarea imaginilor folosind proceduri bazate pe obiecte pentru a plasa pictograme ce reprezintă operaţiuni de modelare pe o pagină goală. Odată create, modelele pot fi rulate cu datele pentru a crea noi fişiere de date şi tabele statistice rezumative.

Ca şi ARC/INFO, IMAGINE are un limbaj de macroprogramare pentru crearea de noi proceduri utilizator specifice rezolvării unei anumite probleme.

Programele MGE (Modular GIS Environement – mediu modular pentru SIG) constituie un ansamblu de proceduri integrate pentru crearea, gestiunea şi utilizarea SIG. Sistemul lucrează cu date vectoriale, raster şi de tip grilă. Este implementat pe staţii grafice şi pe servere, cu sistem de operare UNIX bazat pe RISC. Modulele sistemului permit culegerea, validarea şi stocarea datelor topografice, fotogrammetrice, cartografice, de teledetecţie, spaţiale şi atributive într-o bază de date relaţionale, cu păstrarea şi a relaţiilor topologice. Sistemul conţine şi modulele Network Analyst, Grid Analyst, I/RAS, Imager şi Terrain Modeller, specifice analizei spaţiale. Network Analyst permite introducerea unor date specifice reţelelor, precum opririle obligatorii, restricţii de drum, costuri, factori temporari de drum ca volumul traficului sau gradul de poluare şi conţine proceduri de determinare a drumului minim etc. Grid Analyst permite determinarea suprapunerilor straturilor, analiza vecinătăţii, zonarea arealelor, determinarea traseului optim, analiza statistică etc. Modulul Imager conţine proceduri de prelucrare a imaginilor, clasificarea conţinutului acestora şi identificarea detaliilor. Modulul I/RAS realizează registraţia imaginii, conversia raster – vector prin digitizarea vectorială a imaginii afişată pe ecran, registraţia datelor vectoriale şi raster etc. Terrain Modeller generează modelul digital altimetric, reprezentat prin triunghiuri oarecare (TIN) sau printr-o grilă regulată, determină pantele, curbele de nivel, talvegurile, cotele unor puncte, afişarea modelelor cu zone umbrite etc. Ieşirile tuturor aceste module pot fi combinate cu ieşirile cartografice ale modulului EPIMAP.

Autodesk World este primul sistem de programe pentru SIG al firmei Autodesk, fiind un sistem flexibil şi deschis destinat accesului, integrării şi gestiunii datelor spaţiale. Rulează pe procesoare 486DX sau Pentium, cu sisteme de operare Windows 95. 98,.. sau Windows NT. Pot fi accesate, editate, integrate şi analizate datele vectoriale şi raster (în formate specifice SIG şi CAD) şi datele atributive şi multimedia. Permite automatizarea OLE şi dezvoltarea de noi proceduri în Visual Basic. Foloseşte atât fişiere în format propriu, DWG şi Geobase, cât şi fişiere în formatul MDB specific modulului Microsoft Acces. În cadrul analizei spaţiale sunt combinate proceduri ca filtre grafice, filtre spaţiale şi SQL etc.

Tabelul 1.1 Câteva funcţii de analiză ale lui ARC/INFO

Modulul	**Funcţia**
CORE	Statistici descriptive
CORE	Manipularea datelor
CORE	Vizualizarea datelor
CORE	Clasificări (reprezentate prin cartograme)
TIN	Statistici descriptive şi interpolare
GRID	8 comenzi focale
GRID	12 comenzi zonale
GRID	>20 de comenzi globale
GRID	Comenzi de determinare a distanţelor
TIN	Mai multe metode de interpolare
GRID	Regresie şi corelaţie
GRID	Autocorelaţie
GRID	Modelare hidrologică
GRID	Interpolarea suprafeţelor
NETWORK	Modelare de interacţiune spaţială
NETWORK	Drumul optim
GRID	Clasificarea multivariabilă
GRID	Analiza formelor
GRID	Modelarea dispersională
NETWORK	Modelarea de localizare/alocare

1.2.5.2.2 Integrarea SIG şi a pachetelor (sistemelor) de programe de analiză spaţială

Există un interes considerabil în integrarea SIG cu alte pachete de programe specializate, pentru satisfacerea cerinţelor unor aplicaţii moderne. Acest fapt are drept cauză inexistenţa unor proceduri de analiză în programele SIG. Integrarea SIG cu alte pachete de programe se face în diferite moduri, fiecare mod având avantaje şi dezavantaje în funcţie de aplicaţia de rezolvat.

Factorii principali care determină alegerea modului de integrare sunt: a) gradul de extensibilitate şi deschiderea celor două sisteme pentru intrarea/ieşirea datelor; b) dacă unul dintre cele două sisteme este dominant; c) dacă sistemul final trebuie să fie un sistem integrat, în caz contrar putându-se adopta doar transferul datelor; d) modul de schimb al datelor între cele două sisteme – dinamic sau pe loturi (batch); e) gradul de efort şi pregătirea integratorului de sisteme.

Există mai multe moduri de interfaţare a SIG şi a pachetelor de programe de analiză spaţială. Soluţiile cunoscute sunt realizarea translatoarelor specifice de date, citirea şi scrierea fişierelor ASCII, prin intermediul unei baze de date, prin transferul direct de date între aplicaţii şi prin programarea sistemică.

Folosirea translatoarelor specifice de date se bazează pe faptul că multe pachete de programe SIG sunt livrate cu asemenea translatoare ca standarde, de exemplu peste 30 pentru ARC/INFO şi peste 20 pentru IMAGINE. Sistemul MGE (Intergraph) conţine translatoarele MGT_US, care permit realizarea bazei de date SIG MGE, folosind ca date de intrare fişierelele de date geografice spaţiale ETAK, TIGER, DIME şi DLG, datele atributive încărcându-se într-o bază de date relaţională Unele sunt bidimensionale şi transformă datele de poziţie şi unele atribute în format binar intern. Sistemul Autodesk World dispune de proceduri pentru translatarea în format propriu a datelor straturilor ARC/INFO, SHP ArcView, Atlas GIS, Microstation şi MapInfo. Translatoarele există şi în pachetele de programe de analiză spaţială, lucrând în mod batch (pe loturi), cu aceleaşi formate de date. În pachetul de programe ARC/INFO există de exemplu translatoare ce transformă automat fişierele SOCET SET ASCII în straturi intermediare ARC/INFO F_CODE. Procesul este monitorizat de utilizator print-o fereastră, trebuind să se indice doar denumirea fişierului. Pe timpul conversiei şi se solicită operatorului să precizeze proiecţia cartografică. Este verificată şi integritatea stratului rezultat, la sfârşit creindu-se şi un raport descriptiv. Cu alte proceduri se trece de la formatul intermediar la cel obişnuit.

Citirea şi scrierea fişierelor ASCII este folosită de toate pachetele de programe SIG. Pachetele ARC/INFO şi IMAGINE conţin macrolimbajele AML, respectiv EML, pentru dezvoltarea de noi proceduri care constituie interfaţa între cele două clase de programe – programele SIG şi programele de analiză geografică. Se transferă totuşi un volum mic de date.

Interfaţa ***prin intermediul unei baze de date*** asigură legătura prin citirea din (şi scrierea în) aceleaşi baze de date de către programele celor două sisteme. Soluţia este aplicabilă doar programelor SIG de tip hibrid sau integrat. Pentru ARC/INFO pot fi folosite pentru integrare SGBD relaţionale, precum Oracle, DB2, Ingres, Informix, Sybase ş.a. O asemenea legătură s-a realizat deja între ARC/INFO şi pachetul de programe de prelucrare statistică, prin intermediul SGBD Oracle. Soluţia de mai sus nu poate fi aplicată decât de

organizațiile mari. Există legături bidirecționale între sistemul Autodesc World şi SGBD Oracle, Sybase, Microsoft SQL Server şi orice SGBD bazat pe obiecte.

Transferul direct de date între aplicații este încurajat de unele facilități ale sistemului de operare UNIX, respectiv UNIX pipe şi RPC (Remote Procedure Call). Sunt transferate fişiere în ASCII sau în câteva alte formate (CGM, DXF, HPGL/HPGL-2, PIC, PostScript, WMF, BMP,GIF, JPEG, MAC, PCX, TGA, TIFF etc.). Prima soluție asigură transferul datelor între aplicațiile ce folosesc un singur procesor, iar cea de a doua între aplicațiile ce folosesc aplicații diferite. Sistemul ARC/INFO conține procedura IAC (interapplication communication server – server de comunicare între aplicații). O soluție interesantă este aceea a folosirii unei ferestre comune, în acest caz rezultând un sistem integrat hibrid.

Programarea sistemică presupune folosirea bibliotecii de dezvoltare a programelor SIG sau a subprogramelor în cod obiect. Pachetele de programe SIG au fost scrise inițial în limbaje universale precum FORTRAN, C, 3GL, 4GL, Napier88 etc. Prin compilare au rezultat module obiect, memorate în biblioteci, care pot fi incluse în programe executabile, provenite din programe scrise în limbaje de dezvoltare compatibile COM, pe 32 de biți, ca Visual C++, Borland C++, Delphi etc., în etapa de editare a legăturilor. O asemenea soluție a fost folosită la realizarea de către NIMA a sistemului digital de producție (capitolul al III-lea), unde ca sistem de programe SIG a fost folosit sistemul MGE al firmei Intergraph. Soluția poate fi folosită şi pentru integrarea programelor SIG şi a programelor de analiză geografică.

Au fost realizate multe încercări de integrare a unor pachete de programe SIG cu unele pachete de prelucrare statistică. Rezultatul este constituit din sistemele integrate de programe SIGSAS (sisteme informaționale geografice – sisteme de analiză spațială). Dintre pachetele de programe de analiză spațială avute în vedere la integrare se amintesc S-PLUS, SAS, GRIM, SAM, SAW etc.

Pentru integrarea sistemelor de programe S-PLUS şi ArcView a fost realizat modulul S-PLUS Extension la Universitatea din Michigan, ca o interfață între cele două sisteme, realizând o conversie a datelor.

1.2.5.3 Concluzii

Mai sus s-a încercat o trecere în revistă a câtorva metode de analiză importante atât pentru utilizatorii geografi, dar şi de beneficiarii finali ai datelor geografice. Pot fi continuate descrierile şi ale altor metode potențiale de analiză şi chiar trebuie descoperite noi metode. De regulă, noile metode de analiză nu sunt realizate de geografi, dar pot fi adoptate prin transfer tehnologic. Operații precum clasificarea, interpolarea, determinarea drumului optim etc. trebuie analizate cu atenție şi fundamentate ştiințific în cadrul unui proiect de SIG. Cele de mai sus trebuie combinate cu operațiile de cartografiere computerizată, deoarece forma finală uzuală de prezentare a rezultatelor SIG este tot harta, spațioharta, fotoharta sau cartograma.

Din analiza funcționalității programelor SIG rezultă că în noile versiuni ale acestora sunt adăugate permanent noi funcții de analiză spațială. Pachetele ce conțin doar proceduri de gestiune, descriere şi vizualizare a datelor sunt sărace în proceduri complexe de analiză geografică. Este necesară găsirea unei metode riguroase de determinare a funcționalității, ceea ce a încercat şi autorul (1.4.1).

1.2.6 Probleme noi în dezvoltarea SIG

În ultimul deceniu a apărut o necesitate stringentă de date spațiale (geografice). Dezvoltarea SIG este cauzată mai ales de problemele de optimizare spațială. Pentru orice SIG se impuneau funcționalitatea şi flexibilitatea, în vederea utilizării datelor şi informațiilor de

cât mai mulți utilizatori. Au apărut şi apar noi metode de analiză geografică asistată de calculator. Sistemele au devenit o resursă strategică ce poate avea impact chiar asupra organizațiilor sau zonelor înseşi. Printre problemele noi apărute la realizarea SIG, importante sunt şi locul de dispunere a infrastructurii sistemului, respectiv a componentelor sale principale, a serverelor, modul de achiziționare şi de organizare a datelor şi informațiilor, codificarea entităților geografice cu ajutorul geografiei poştale, analiza geografică performantă etc. Dezvoltarea SIG după 1990 s-a bazat pe trei elemente principale – dezvoltarea tehnologiei, nevoile utilizatorilor şi ideile creative de dezvoltare de noi instrumemte de analiză.

Factorii care au influențat dezvoltarea procedurilor şi programelor SIG ce le înglobează sunt:

-preferința industriei de software pentru soluții de gestiune a bazelor de date relaționale şi în ultimii trei ani şi pe gestiunea bazelor de date bazate pe obiecte;

-extinderea SGBD relaționale şi mai nou şi a celor bazate pe obiecte, astfel încât să includă tipuri de date netradiționale (temporale, multimedia şi spațiale);

-tehnologia care integrează date spațiale (date CAD, date cartografice vectoriale, date raster, date imagine, date de tip grilă etc.);

-dezvoltarea deosebită a rețelelor locale, teritoriale şi globale, a legăturilor între rețele, utilizarea bazelor de date distribuite etc.;

-realizarea prelucrărilor importante ale SIG fie pe servere de mare capacitate, fie pe stații grafice de înaltă performanță;

-popularitatea crescută a soluțiilor bazate pe PC o dată cu creşterea performanțelor acestuia, stația grafică bazată pe PC fiind un nod al unei rețele;

-popularitatea crescută a sistemelor de operare Microsoft şi a mediului OLE 2 de dezvoltare software şi a software-ului de prelucrare de tip client - server;

-prelucrarea optimă de tip client - server şi utilizarea cu predilecție a rețelei Internet sau a altei rețele de tip intranet;

-dezvoltarea cunoştințelor despre SIG în era informațională, creşterea complexității, varietății şi funcțiilor aplicațiilor SIG;

-creşterea interesului dezvoltărilor de software de a include ieşiri de hărți în aplicațiile realizate.

La realizările de software, de tehnologii şi aplicații SIG urmează a se adăuga noi module. Un rol important în structurarea, organizarea şi culegerea datelor tematice îl au datele de poziție, tehnicile de poziționare, metodele de măsurare în teren sau pe fotograme, hărți şi înregistrări digitale şi metodele de măsurare şi de prelucrare a datelor de poziție. Multe colecții mari de date sunt livrabile la prețuri rezonabile sau sunt puse la dispoziție pe rețeaua Internet. O extindere deosebită o capătă realizarea navigației în timp real sau cvasireal, folosind rețele ce integrează poziționarea pe glob şi afişarea hărții zonei de teren în care se află orice mobil de deplasare.

Ca atare, o atenție deosebită trebuie acordată:

-utilizării cu predilecție a rețelelor de tip intranet şi mai ales a rețelei Internet;

-cerințelor proiectelor şi produselor finale;

-sistemelor de coordonate şi sistemelor de poziționare globală;

-utilizării metodelor fotogrammetrice pentru asigurarea unui timp scurt şi a unui randament ridicat de culegere, validare şi prelucrare a datelor;

-tehnicilor de conversie a geoimaginilor analogice;

-tehnicilor de asamblare a bazelor de date, având în vedere relaționarea în primul rând a datelor de poziție şi apoi a datelor tematice etc;

-utilizarea bazelor de date distribuite şi partajarea optimă a prelucrării de tip client - server;
-dezvoltării tehnologiilor de poziţionare globală şi a telenavigaţiei;
-diversificării produselor finale ale SIG.

1.3 Structuri de date geografice

1.3.1 Modelarea geografică

În reprezentarea în SIG a obiectelor şi fenomenelor naturale, sociale, economice etc., se pot releva trei aspecte:poziţie; conţinut şi structură. Obiectele şi fenomenele geosferei sunt definite (referite) poziţional într-un spaţiu tridimensional S_3^1 şi în mai multe spaţii relative care compun un spaţiu n-dimensional S_n

$$S_3^1 \cup S^2 \cup S^3 \cup \ldots = S_n \qquad (1.1)$$

Totalitatea datelor care dau poziţia şi descrierea conţinutului şi structurii în spaţiul S_n formează modelul digital (numeric) al acestui spaţiu, care este un model conceptual. Pentru a exprima datele într-un limbaj înţeles de calculator, se acceptă şi modelul logic ce se referă numai la structura datelor, respectiv şi modelul fizic ce arată reprezentarea datelor în memoria calculatorului.

Dacă se consideră mulţimea de elemente (obiecte sau fenomene) $A= \{a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n\}$ şi mulţimea $R= \{r_{ij}/i=1,n;j=1,n\}$ de dependenţe (relaţii) ale elementelor a_j de elementele a_I, mulţimea $S=\{A,R\}$ formează un sistem. Problema clasificării elementelor şi relaţiilor aparţine diverselor discipline şi ramuri ştiinţifice, dar în primul rând taxonomiei.

1.3.2 Modelul de sistem informaţional geografic

Sistemul informaţional geografic (SIG) poate fi privit ca un model al sistemului real S_G sau ca un purtător de informaţie al acestuia, model artificial bazat pe o similitudine indirectă între elementele geosferei S_G şi elementele S_M ale SIG. Deci SIG face parte din clasa modelelor speciale, având caracter informaţional şi gnoseologic, procesul de reprezentare exprimându-se formal ca o funcţie F la momentul de timp t

$$S_{Mt}=F(S_{Gt}) \qquad (1.2)$$

unde S_{Mt} este mulţimea elementelor SIG, S_{Gt} este mulţimea elementelor geosferei, la momentul t, iar F este o relaţie binară similară cu notaţia funcţională care implică o aplicaţie. Dintre proprietăţile aplicaţiei F se amintesc omomorfismul, reflexivitatea, tranzitivitatea, asimetria şi antisimetria. Generalizarea datelor SIG se bazează pe omomorfism (reţinerea doar a acelor elemente esenţiale pentru modelarea cerută). Reprezentarea unui element al mulţimii S_{Gt} presupune: (a) reprezentarea poziţiei punctelor spaţiului geosferei în spaţiul SIG; (b) reprezentarea naturii şi structurii elementelor punctuale, liniare, areale şi volumetrice definite prin punctele reprezentate.

Modelul datelor SIG se bazează pe conceptul de model digital al terenului, format din totalitatea datelor (date de poziţie – coordonate, identificatori, valori ale atributelor, date referitoare la precizia determinărilor, datele tematice, totalitatea relaţiilor dintre date, precum şi totalitatea procedurilor de realizare, gestionare şi utilizare a acestui model).

-Datele calităţii generale a mediului urban
-Datele calităţii fizice
-Poluarea atmosferică
-densitatea oxidului de carbon
-particule în suspensie
-Starea suprafeţelor acvatice
-oxigenarea apei
-particule în suspensie
-poluarea apei
-Poluarea sonoră
-zgomotul (decibeli)
-Topografia
-compatibilitate pentru mediu urban
-Acoperirea cu vegetaţie
-suprafaţa cu vegetaţie pe persoană (pe locuitor)
-Datele calităţii economice
-Venitul mediu pe locuitor
-Investiţii fonduri fixe pe locuitor
......
-Volum servicii pe locuitor
-Datele calităţii sociale
-Populaţie
-densitate
-număr de studenţi,elevi la mia de locuitori
-Condiţii de viaţă
-spaţiul locuibil mediu pe locuitor
-sănătate (paturi de spital, salvări,medici etc. la mia de locuitori)
-consumul de gaz metan pe locuitor
-consumul de energie electrică pe gospodărie (locuitor)
....
-Reţeaua de transport
-suprafaţa carosabilă medie pe locuitor

Fig. 1.2 Date tematice pentru aprecierea subsistemului ecologic urban

1.3.3 Date geografice

Datele geografice sunt de mai multe tipuri. Datele pot fi metrice (date geometrice de poziţie, date metrice derivate, date metrice corespunzătoare spaţiilor tematice etc.) sau semantice (coduri, identificatori, adrese de date etc).

Datele de poziţie definesc, de regulă, poziţia unui punct în spaţiul geografic natural, într-un sistem de referinţă adoptat. Poziţia punctului poate fi definită ca: $P(B,L,H)$ sau $P(\varphi,\lambda,H)$, unde B şi L, respectiv φ şi λ reprezintă latitudinea şi longitudinea în sistemul de referinţă acceptat, respectiv, cu elipsoidul de parametri metrici, fizici şi de orientare aleşi, iar H este cota sau altitudinea faţă de suprafaţa geoidului (o variantă este şi cu indicarea înălţimii referite la suprafaţa elipsoidului); $P(\varphi',\lambda',H)$, unde φ' şi λ' sunt latitudinea şi longitudinea pe sferă; $P(X,Y,H)$, unde X şi Y sunt coordonatele pe o suprafaţă, de exemplu un plan. Între mărimile de mai sus există relaţii funcţionale care nu se tratează aici (Munteanu, 1977).

Datele tematice se referă, de regulă, la celelalte n-3 dimensiuni ale spaţiului S_n şi sunt referite întotdeauna la datele de poziţie. Uneori şi cota poate fi considerată o dată tematică. De asemenea, se poate considera de bază şi spaţiul tetradimensional (S_4), adăugând timpul la cele trei dimensiuni liniare. Date tematice sunt considerate şi valorile reflectanţei spectrale, densităţii optice etc. fiecare dată în parte poate fi considerată separat în funcţie de primele două date poziţionale X şi Y.

De exemplu, pentru subsistemul ecologic urban, datele tematice sunt cele din schema de mai jos.

Cele de mai sus constituie doar un exemplu şi în cazuri concrete, datele sunt dezvoltate în mod corespunzător.

Relaţiile dintre elemente sau dintre date se exprimă tot prin date numerice (Niţu, C., 1992). Relaţiile dintre elementele geosferei sunt naturale, economice, sociale etc. După numărul elementelor participante relaţiile pot fi binare, unul la mai mulţi, mai mulţi la unul şi mai mulţi la mai mulţi. Sunt şi relaţii de bază, implicite, geometrice, topologice, ierarhice etc.

Datele geografice referitoare la un teritoriu dat sunt în volum foarte mare şi accesul la o dată singulară sau la un grup de date pune probleme deosebite de organizare. Datele geografice nu reprezintă conglomerate amorfe de valori numerice sau nenumerice De aici rezultă necesitatea adoptării diferitelor structuri de date.

1.3.4 Tipuri de date

Cea de a treia dimensiune se poate referi la un punct definit pe suprafaţa de referinţă sau la o zonă de formă regulată sau neregulată a acestei suprafeţe.

Datele vectoriale presupun exprimarea obiectelor punctuale, liniare şi de volum prin coordonate (X_i,Y_i), $i=1,n$, cu $n=1$ în cazul obiectelor punctuale, $n\geq 2$ în cazul obiectelor liniare, $n\geq 3$ în cazul obiectelor areale (în cazul când n=3 punctele să nu fie colineare), $n\geq 4$ în cazul celor de volum, dar în acest caz limitele sunt arii ce trebuie altfel definite etc. Referiri concrete la acest tip de date se găsesc în literatura de specialitate (McGuire et al, 1990; Niţu, C., 1992; Niţu, C., Niţu, C.D. 1995).

Datele teserale consideră ca element areal "placa" ce acoperă o suprafaţă dată (în particular pixelul), de forme şi dimensiuni distincte. În spaţiul bidimensional al suprafeţei de referinţă, din motive de simplificare a calculelor, dimensiunile pixelului sunt egale cu unitatea de suprafaţă. O structură teserală neregulată este arătată în fig. 1.4.

La împărţirea în figuri regulate, spaţiul 2D se împarte izoedric, astfel ca fiecare celulă (placă, pixel) să poată fi suprapusă peste o celulă adiacentă. Există 81 de moduri de împărţire izoedrică a unei suprafeţe 2D (de exemplu un plan, deoarece orice suprafaţă 2D poate fi reprezentată într-un plan), dintre care 11 sunt cele mai semnificative. Se analizează cazul cel mai general, nu doar cel particular când pixelul are formele de dreptunghi sau pătrat. Cu convenţia scrierii $[m^k n^l]$, unde m şi n reprezintă numărul de laturi ale celulei (plăcii), iar k,l reprezintă numărul de figuri elementare de descompunere a geoimaginii, de exemplu, structura de hexagoane se scrie $[3^6]$ şi semnifică 6 triunghiuri, iar structura de dreptunghi se scrie $[4^4]$ şi semnifică împărţirea în 4 dreptunghiuri. Accesul uşor la "molecula" structurii şi la grupul de "molecule" se face prin codificarea numerică a (poziţiei) "moleculelor" (pixelilor) sau grupurilor contigui ale acestora. Accesul se poate face printr-o adresare ierarhică. Există mai multe ierarhii izoedrice folosite pentru generarea unei varietăţi de sisteme de adresare pentru împărţirea planului. Fiecare pixel are o adresă *a*, care poate fi o secvenţă de cifre $a_k a_{k-1} a_{k-2} \ldots a_2 a_1$, unde a_i poate lua valorile $0,1,..,n-1$. Pentru fiecare $k=0, 1, 2, 3,\ldots$, există o funcţie adresă de nivel *k*, de la celulele ("moleculele") $\alpha^k(T)$ la $(0, 1, 2, .. , n-1)$, deci $a_k(t)$ este imaginea lui Φ_k a moleculelor de nivel *k*, (dar) căreia îi aparţine *t*. Cele de mai sus constituie doar un exemplu şi în cazuri concrete tratările pot diferi. Mai precis, dacă t_k este funcţia (operaţia) de la t la $\alpha^k(t)$, care reprezintă (cartografiază) fiecare pixel ce îl conţine, atunci

$$a_k=\Phi\varepsilon_k \quad (1.3)$$

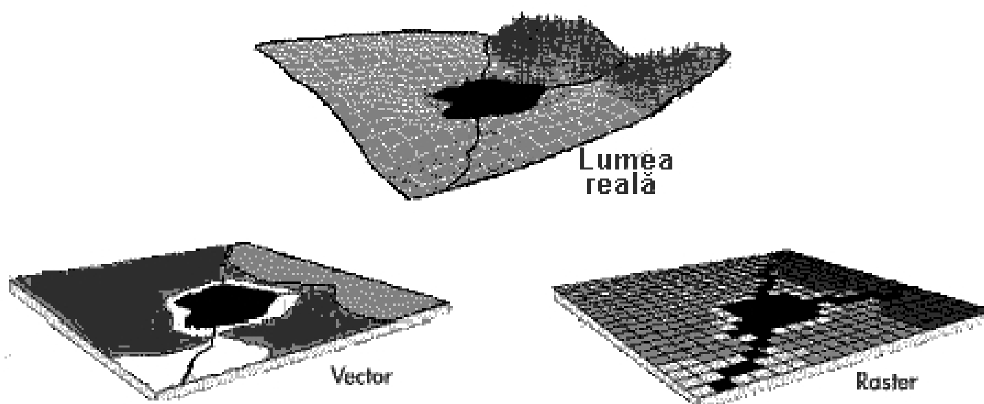


Fig. 1.3 Principiul datelor vectoriale şi raster (după ESRI)

Funcțiile adresă de nivel k pot fi referite (relatate) una la cealaltă prin operațiunile de combinare α:

$$\Phi_k=\Phi_0\alpha^k \tag{1.4}$$

astfel încât ridică fiecare funcție adresă la rangul sau nivelul următor, deci:

$$a(t)=\{\ldots,\Phi_k\alpha^k\varepsilon_k(t),\ldots,\Phi_1\alpha^1\varepsilon_1(t),\Phi_0\} \tag{1.5}$$

Împărțirea este finită, celula elementară constituind-o pixelul. Adresarea se poate face la un pixel sau la zona (zonele) din care face parte pixelul (structura raster grosieră, denumită astfel de Nițu, C. (1992)).

Prelucrarea adreselor teserale aparține aritmeticii teserale. Adresele sunt întregi teserali. Aritmeticii teserale îi corespund adunarea teserală (corespondența geometrică fiind translația) şi înmulțirea (corespondența geometrică – rotirea şi omotetia sau transformarea de scară).



Fig. 1.4 Structura teserală de date

Este convenabil a se stoca datele teserale fie ca o matrice (reprezentată de fapt în memorie ca o succesiune de vectori sau ca un singur vector), fie ca un şir de adrese (când nu se memorează toată matricea şi repetat zonele cu aceeaşi valoare a pixelului).

În cazul datelor teserale (raster), sunt de remarcat câteva tipuri de rezoluții care au mare importanță în prelucrarea datelor SIG. Datele raster (fig.1.5) constau din valori ale celei de a treia dimensiuni (de exemplu treptele de gri) pentru fiecare pixel (elementul de imagine, pentru cazul simplificat de formă pătrată). Unui pixel îi pot corespunde mai multe valori, potrivit numărului de benzi spectrale. Poziția unui pixel este exprimată prin coordonate plane. Într-un sistem de coordonate 2D, pozițiile sunt organizate pe linii şi pe coloane (matricial). Se cunosc în teledetecție patru feluri de rezoluții, care sunt proprii şi SIG - spectrală, spațială, radiometrică şi temporală.

Rezoluția spectrală se referă la domeniile lungimii de undă a energiei electromagnetice din spectrul său. De exemplu, pentru banda 1 a înregistrărilor Landsat Thematic Mapper, domeniul spectrului este 0,45 – 0,52μ.Se va folosi şi termenul de multirezoluție la exploatare fotogrammetrică, în sensul că se utilizează mai multe înregistrări ale aceleiaşi zone corespunzătoare mai multor benzi spectrale şi cu rezoluție spațială diferită.

Rezoluţia spaţială este dată de suprafaţa de teren a pixelului (de exemplu 10X10 m pentru înregistrările pancromatice SPOT) sau la scara geoimaginii, în cazul scanării hărţilor

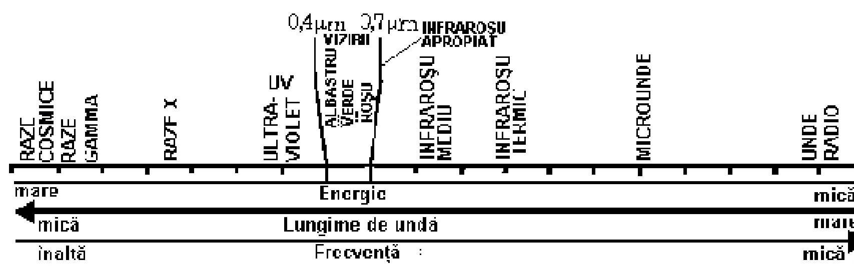


Fig. 1.6 Spectrul electromagnetic

sau fotogramelor. În acest caz mai este exprimată uneori în numărul de puncte pe unitatea de lungime (punctele având forma de cerc). Pentru ecranele grafice rezoluţia se exprimă prin numărul de pixeli pe orizontală şi pe verticală, de exemplu 1024X732. De multe ori referirile la rezoluţia spaţială se fac şi prin intermediul scării – geoimagini la scară mare sau geoimagini la scară mică. În teledetecţie de exemplu, înregistrările SPOT se consideră a fi la scară mare, iar înregistrările AVHRR la scară mică. Nu este totuşi echivalenţă între rezoluţie şi scară. O geoimagine are mereu aceeaşi rezoluţie spaţială, dar poate fi afişată la orice scară.

În fotogrammetrie se foloseşte pentru rezoluţia spaţială distanţa minimă între două obiecte distincte apărute pe fotogramă, funcţia de transfer sau numărul de perechi de linii pe mm. Această caracteristică este proprie ansamblului film fotogrammetric – cameră aerofotogrammetrică. Rezoluţia în metri pe perechea de linii dă distanţa minimă în metri între două obiecte vecine distincte de pe fotogramă. Între rezoluţia în metri pe perechea de linii (m/per. linii) şi rezoluţia în perechi de linii pe milimetru (per. linii/mm) există relaţia:

$$R_{m/per.linii}=(N/1000)/R_{per.linii/mm} \quad (1.6)$$

unde N este numitorul scării fotogramei. Pentru camera Wild RC-20, pentru scara de

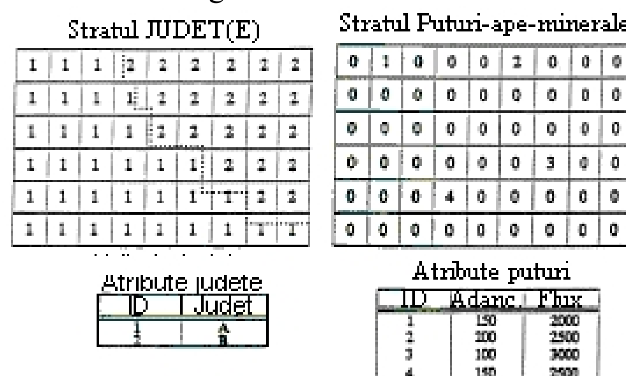


Fig. 1.5 Exemplu de date raster

aerofotografiere 1:10 000 (N=10 000) $R_{m/per.\ linii}$ este 0,250 fără corectarea influenţei deplasării filmului şi 0,071 cu corectarea influenţei deformării filmului.
Rezoluţia în metri pe perechea de linii poate fi transformată în metri pe pixel cu formula:

$$R_{m/per.linii}=2^{3/2}R_{m/pixel} \quad (1.7)$$

Exploatarea în acelaşi sistem a tipurilor diferite de geoimagini este facilitată de cunoaşterea tuturor acestor moduri de exprimare a rezoluţiei spaţiale. Pentru a se studia

posibilitățile de (foto)interpretare, se dau în tabelul 1.2 valorile rezoluțiilor pentru

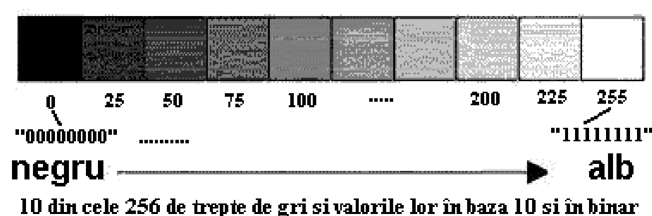


Fig. 1.7 Rezoluția radiometrică

înregistrările Landsat şi SPOT.

Senzor	Rezoluția À	
	$R_{m/pixel}$	$R_{m/per.\ linii}$
Landsat MSS	57	150
Landsat TM	30	84
SPOT XS	20	56
SPOT P	10	28

Tabelul 1.2 Rezoluția imaginilor de teledetecție

Rezoluția radiometrică exprimă numărul de trepte ale valorii z sau logaritmul acestui număr (respectiv numărul de biți pe care se poate înregistra valoarea treptei teoretice maxime - vezi folosirea codificării în SIG). De exemplu, pentru înregistrările pancromatice SPOT există 256 de trepte de strălucire sau trepte de gri (fig. 1.6), ce pot fi înregistrate pe 8 biți. Valoarea 0 este pentru negru şi 255 pentru alb.

Rezoluția temporală exprimă, de exemplu, intervalul de timp după care se obține înregistrarea datelor pentru aceeaşi zonă (pentru Landsat este de 16 zile).

La SIG tridimensionale (aplicate în geologie, în studiul poluării mediului, în meteorologie etc.) obiectele volumetrice se reprezintă prin tablouri 3D, geometria de construcție a solidului bazată pe arbori octali şi rețeaua de tetraedre.

În SIG 2D, obiectele tridimensionale se reprezintă prin descriptorii suprafețelor care delimitează aceste obiecte. O metodă uzuală pentru a reprezenta o suprafață de formă oarecare este exprimarea coordonatelor carteziene X,Y şi Z ca funcții de doi parametri u şi v, o suprafață fiind descrisă de funcția $F(u,v)$. un punct P are coordonatele:

$$P(u,v)=[X(u,v),Y(u,v),Z(u,v),0<u<1,0<v<1] \quad (1.8)$$

Suprafața complexă întâlnită în geoştiințe poate fi împărțită (partiționată) într-o mulțime contiguă de "plăci", fiecare fiind definită local de funcții polinomiale de grad mic, de regulă cubice. Funcțiile *spline* pot fi folosite cu succes, datorită faptului că nu există deformări după o transformare proiectivă şi că există un control mai riguros al transformării.

Similar pixelului ("plăcii") din spațiul 2D, în spațiul 3D se acceptă voxelul, tablourile 3D având ca elemente voxelii. Necesitățile de memorare cresc şi, obligatoriu, scade viteza de

calcul. Reprezentarea este totuşi compactă şi eficientă pentru unele operaţii. Şi aici se pot analiza tipurile de rezoluţii descrise pentru spaţiul bidimensional.

Datele de tip grilă sunt asemănătoare datelor raster, cu deosebirea că cea de a treia dimensiune se referă geometric la un punct, nu la o "placă" sau zonă, dar modul de structurare se aseamănă cu cel al datelor raster şi, ca atare, se vor folosi multe proceduri comune ultimelor două tipuri de date. Cel mai simplu mod de reprezentare este cel al grilei regulate (fig. 1.8). Datele în punctele grilei pot fi măsurate pe fotograme aeriene în cazul reliefului sau pot fi determinate prin interpolare, folosind valorile Z cunoscute în puncte vecine.

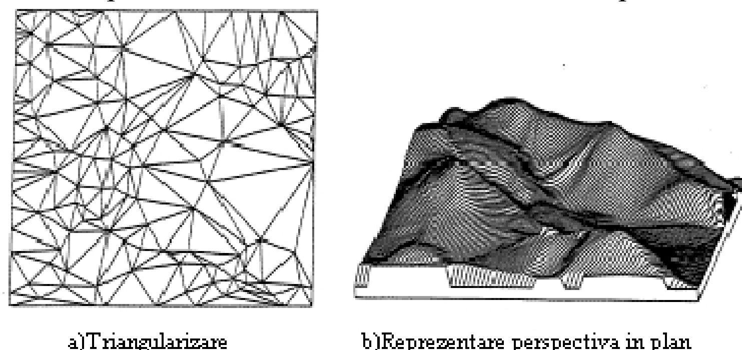


Fig. 1.9 Reţea de triunghiuri oarecare (TIN)

Grila poate fi şi neregulată, respectiv reţea de triunghiuri oarecare (TIN). Pentru relief, punctele reţelei neregulate se aleg în punctele şi pe liniile caracteristice (fig. 1.9). Folosind valorile Z din punctele grilei neregulate, pot fi determinate valorile Z ale punctelor unei grile regulate. Ambele tipuri de reţele pot fi utilizate la determinarea punctelor izocurbelor (curbelor de nivel sau izohipselor, izobarelor, izogonelor etc.).

1.3.5 Structura topologică

Structura topologică se bazează pe concepţia relaţiilor topologice, respectiv topologiei (Niţu, C., 1992). Structura evidenţiază proprietăţile grafurilor topologice.

Cu elementele noduri, arce, poligoane (feţe) ale unui graf planar topologic se pot remarca relaţiile de frontieră şi cofrontieră. Nodurile (fig. 1.10) sunt punctele distincte în care converg cel puţin trei arce. Poligoanele sunt mărginite de arce. Un arc este mărginit de noduri. Listele de noduri, arce şi poligoane şi de puncte curente ale arcelor, în ordine implicită, precum şi relaţiile de frontieră şi cofrontieră puse în evidenţă prin adrese sau *pointeri* formează structura topologică de date.

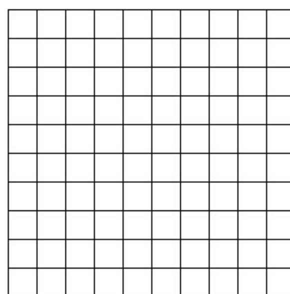


Fig. 1.8 Grilă regulată, în punctele căreia se cunosc valorile *Z*

Se remarcă faptul că şi în cazul datelor topologice are loc, ca şi la datele teserale, o acoperire contiguă a suprafeţei cu "plăci", dar plăcile au o formă neregulată care se memorează prin coordonatele punctelor de pe contur.

Algebra structurii de date este definită în acest caz de relaţiile:

$$
\begin{aligned}
&Fr(NOD)=\phi \\
&Fr^{-1}(NOD)=\{ARC1,ARC2,ARC3,\ldots\} \\
&Fr(ARC)= \{NOD1,NOD2\} \\
&Fr^{-1}(ARC)=\{POLIGON1,POLIGON2\} \qquad (1.9) \\
&Fr\ (POLIGON)=\{ARC1,ARC2,ARC3,\ldots ARCm\} \\
&Fr^{-1}(POLIGON)=\phi
\end{aligned}
$$

Argumentele au semnificaţiile date de denumirile utilizate, pentru a uşura înţelegerea. În cercetările noastre am folosit aceste structuri de date la stocarea datelor digitizate cartografic şi fotogrammetric, la stocarea datelor modelului digital altimetric (MDA) etc. Pentru MDA s-a foloasit în plus şi structura Voronoi, care va fi descrisă la determinarea reţelei de drenare.

Datele unei hărţi numerice, ale bazei de date spaţiale sau ale terenului se împart pe straturi (fig.1.11), topologia construindu-se separat pentru fiecare strat. Această structură de date este utilă mai ales pentru rezolvarea unor probleme specifice reţelelor (drumul minim, problema poştaşului etc.).

1.3.6 Metadate geografice

Metadatele sunt definite formal ca "date despre date" sau, pentru o înţelegere clară, "informaţii despre date", aceste informaţii fiind exprimate tot prin date. Şi în cazul datelor

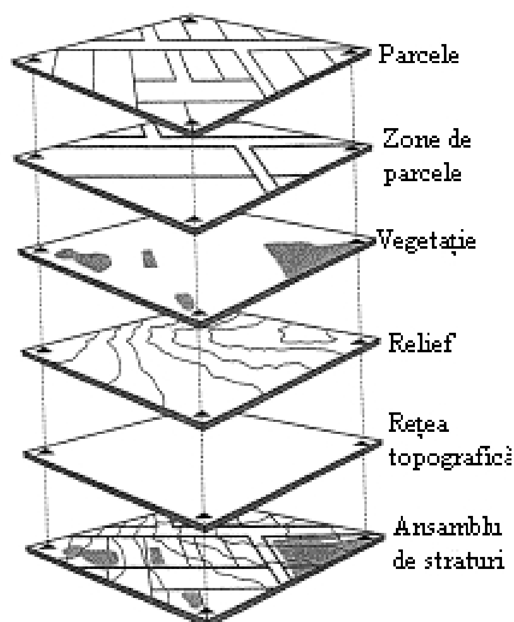


Fig. 1.11 Straturile bazei de date

spaţiale se poate vorbi despre metadate spaţiale, noţiune aplicată la nivel internaţional începând din 1996. Comisia pentru standarde a Asociaţiei Cartografice Internaţionale (ICA)

propune definiția *“metadatele spațiale (geografice) sunt acele date care descriu conținutul mulțimilor de date, definesc fiecare dată în parte şi structura datelor, indică domeniul de definiție (extinderea pe elipsoid sau pe sferă), referirea geografică (geodezică) şi calitatea datelor (rezoluția, precizia etc.), administrarea datelor şi posibilitățile de acces la date”* (Moellering, 1997).

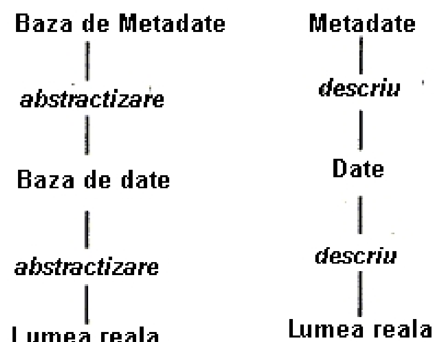


Fig. 1.12 Legături date - metadate - lumea reală

În Europa s-a început activitatea de standardizare la nivel continental a datelor geografice în 1996. În România s-a oficializat începerea acestei activități doar la unele departamente. În cadrul NATO s-a elaborat standardul DIGEST, de către Grupa de Lucru pentru Informații Geografice Digitale, creată în 1994. Actualmente ISO a preluat realizarea acestor standarde (ICA Standard Commission, 1997).

Dintre multiplele utilizări ale metadatelor, se rețin documentarea referitoare la mulțimea de date, analiza posibilităților de utilizare a datelor pentru rezolvarea unor probleme specifice, asigurarea accesului la date şi a transferului datelor. Prin documentare este posibil să se cunoască modul de culegere a datelor, codificarea datelor şi a elementelor (obiectelor şi fenomenelor) la care se referă datele, denumirile datelor şi ale mulțimilor de date, limitele zonelor geografice la care se referă datele, momentele de timp ale culegerii datelor etc. Un element de bază este definirea sistemului de coordonate pentru datele de poziție (denumirea sistemului de coordonate spațiale, a elipsoidului de referință, a suprafeței geoidului şi a altor suprafețe de nivel etc.). Dintre datele calitative se amintesc precizia pozițională, precizia valorilor atributelor, precizia altor date tematice, consistența logică, completitudinea, precizia semantică şi precizia temporală. După cum se va arăta, mai jos, de mare importanță este şi specificarea operațiunilor ce se pot realiza cu datele colecției.

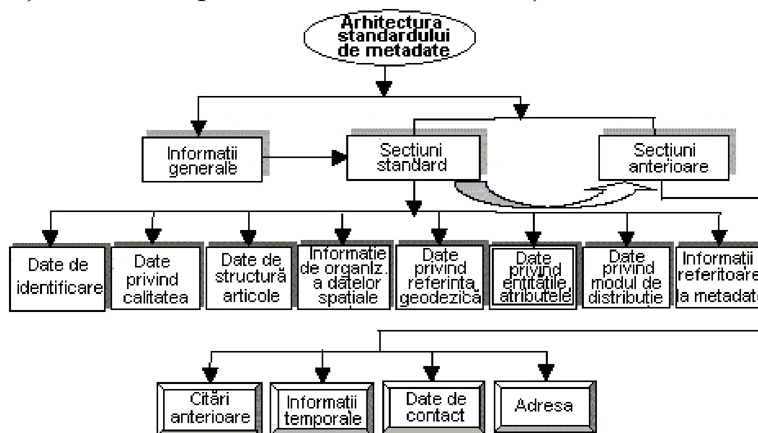


Fig. 1.13 Exemplu de arhitectură a standardului de metadate

Metadatele se referă şi la modul de acces la date, precizând, de exemplu, locul stocării datelor (serverul de date), modul de obținere a datelor, probleme privind confidențialitatea

datelor, costul furnizării etc. Serverele de metadate operează în mod special pe World Wide Web (www) şi vor prolifera în viitorul deceniu şi pentru scările mari, gestionate la nivel naţional şi regional.

Transferul datelor spaţiale (geografice) de la un sistem la altul se face pe baza metadatelor, care în acest caz definesc sintaxa transferului. Standardele pentru schimbul de date au o importanţă deosebită în cazul transferului. Comisia ICA pentru standardele de transfer al datelor a identificat 22 de standarde naţionale şi internaţionale, cu 13 caracteristici majore, 85 de caracteristici secundare şi peste 220 de caracteristici terţiare. Comisia a dezvoltat mulţimea exhaustivă a acestor caracteristici care pot fi aplicate oricărui standard de date spaţiale.

Cele 13 clase majore (primare) ale caracteristicilor tehnice conţin informaţii referitoare la: aprecierea standardului; administrarea, folosirea şi implementarea; identificarea mulţimii de date; situaţia mulţimii de date; intervalele datelor (domeniul de definiţie); conţinutul datelor; calitatea datelor; organizarea datelor; referinţa spaţială; disponibilitatea şi modul de distribuţie; autorizarea şi verificarea permise de standard (un exemplu este dat în fig. 1.13)..

Informaţiile de *apreciere* descriu în general caracterul şi folosirea posibilă a standardului, scopul şi cui se adresează. Cele de *administrare* descriu cadrul administrativ în care a fost dezvoltat standardul şi unde se găsesc toate informaţiile referitoare la standard. Sunt date istoricul dezvoltării standardului, informaţii referitoare la documentaţia existentă, procedurile software şi materialele de pregătire pentru aplicare. Informaţiile de *folosire şi implementare* sunt utile pentru orice utilizator şi prezintă structura standardului şi nivelul de abstractizare în modelarea cu standardul descris. Informaţiile privind *legătura şi coordonarea* la implementare prezintă relaţiile cu realizatorul standardului pe timpul implementării şi verificării utilizării standardului. Informaţiile de *identificare* a mulţimii de date conţin toate denumirile posibile ale mulţimii şi submulţimilor de date, uneori chiar şi denumirile alternative (sinonime) pentru legătura cu alte standarde. *Situaţia* mulţimii de date este descrisă de informaţii privind actualitatea datelor, necesităţile de actualizare, eventual alte servere care pun la dispoziţie date mai actuale etc. *Domeniul de definiţie* sau intervalele datelor rezultă din informaţiile privind domeniile spaţial, temporal, spectral sau radiometric. Informaţiile privind *conţinutul* datelor cuprind elemente, teme şi scheme de clasificare generală, cataloage de clasificare şi identificare etc. Informaţiile referitoare la *calitatea datelor* se referă la precizia datelor, metrica şi omogenitatea datelor, metrica indicatorilor de precizie etc. Referitor la *organizarea datelor* sunt prevăzute informaţii referitoare la modelul de date spaţiale, sistemele de referinţă, *primitivele* datelor, tipurile de date spaţiale etc. Organizarea datelor este tot atât de importantă pentru utilizator ca şi conţinutul datelor. *Referinţa spaţială* defineşte implicit sau explicit sistemul de referinţă, proiecţia cartografică etc. *Disponibilitatea şi distribuţia* mulţimii de date localizează distribuitorii (serverele) de date, dau detalii privind formatele de distribuţie, modul de comandare a livrării, alte servicii ce pot fi asigurate, preţurile datelor şi serviciilor etc. Detaliile de *autorizare şi verificare* descriu cum a fost autorizat standardul, ce date test s-au folosit pentru verificare pe parcursul elaborării, procedurile de verificare a datelor culese şi introduse în mulţimea de date etc.

În concluzie, standardele de date spaţiale sunt o necesitate. Aceste standarde sunt descrise prin metadate. O motivaţie majoră a folosirii standardelor şi metadatelor este volumul mare de date, costul foarte mare al culegerii şi caracteristicile superioare de precizie pentru aceste date. Se pot dezvolta astfel SIG superioare calitativ, cu submulţimi de date distribuite (mai multe servere de date).

1.3.7 Structuri de date orientate pe obiecte

1.3.7.1 Generalități

Organizarea datelor spațiale în SIG trebuie dezvoltată permanent, în funcție de noile aplicații. Recapitulând cele descrise mai sus, într-o formă simplificată, trebuie să se cunoască **ce este** într-un domeniu spațial, **unde este** şi **când este**, folosind o concepție bazată pe spațiu (2D sau 3D) sau câmp sau o concepție bazată pe obiecte. Concepția descrisă în subcapitolul de mai sus (date vectoriale, teserale sau de tip grilă) este bazată pe câmp şi consideră realitatea (geosfera) ca un spațiu 3D sau reprezentat pe spațiul 2D, compus dintr-o colecție de unități areale – pixeli sau de unități volumetrice – voxeli, în care sunt înregistrate datele tematice pentru fiecare unitate (cazul datelor teserale). Concepția bazată pe *obiecte* consideră spațiul 3D al geosferei ca un spațiu vid, umplut cu obiecte individuale ale geosferei (în particular ale suprafeței terestre).

În cazul concepției bazate pe obiecte, se utilizează un proces de abstractizare ce implică gestionarea imaginilor acestor obiecte, reprezentate atât prin date vectoriale, cât şi prin date teserale. Aici, prin imagine se înțelege totalitatea datelor, relațiilor dintre date şi operațiunilor ce se execută cu aceste date. Şi aici trebuie să se răspundă la întrebările **ce se gestionează**, **ce poziție** are în spațiul 2D sau 3D (unde se găseşte), **când** se găseşte (şi, ca o problemă suplimentară, **relațiile** cu alte obiecte).

Pentru a simplifica procesul de abstractizare, unul din domeniile legate de întrebările de mai sus se păstrează fix, unul este predefinit, iar al treilea este măsurat sau observat. Înainte de a putea organiza datele spațiale într-un SIG, trebuie să se identifice şi să se formalizeze elementele celor trei domenii, în funcție de aplicațiile SIG, respectiv trebuie proiectată baza de date. Baza de date spațiale reprezintă obiectele geosferei, aşa cum sunt văzute de cel puțin o aplicație.

Proiectarea bazei de date implică un proces ierarhic de abstractizare a realității printr-un **model al datelor**, structurarea acestui model într-un format reprezentabil în calculator (structura bazei de date sau modelul logic al datelor) şi proiectarea structurii fişierelor (fişierului) pentru memorarea datelor structurate. Conținutul informațional al bazei de date (al SIG) depinde în mod sigur de modelul datelor. Pe baza concepției de orientare pe obiecte, caracteristicile semantice ale fiecărui obiect al terenului pot fi analizate după aspectele sale geometrice şi tematice (figura 1.14). Aici au fost considerate doar datele geometrice

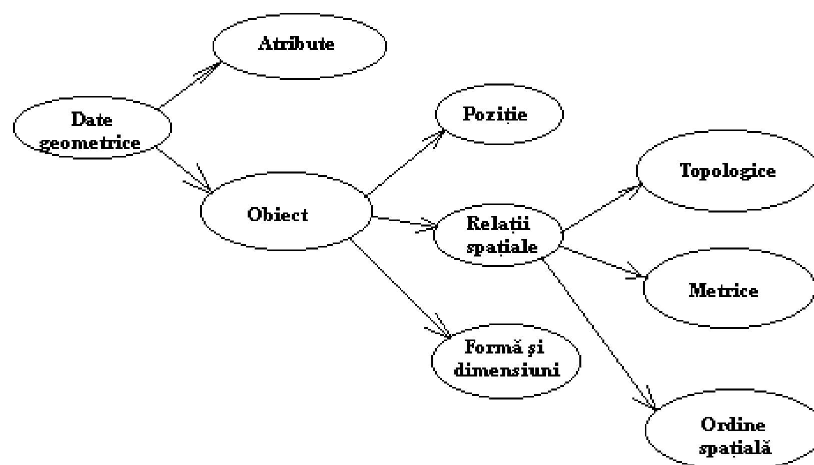


Fig. 1.14 Componentele obiectelor terenului în SIG

propriuzise, cu toate că toate datele, inclusiv cele semantice, pot fi considerate într-o anumită abstractizare că aparțin unor geometrii neeuclidiene.

Componentele geometrice pot fi formalizate pe baza celor două modele ale datelor amintite mai sus, respectiv modelul vectorial sau modelul teseral. Modelele vectoriale de date sunt clasificate adesea în tipurile spaghetti (nestructurate) şi topologice (structurate), pe când cele teserale sunt grupate în regulate (de exemplu raster) şi neregulate (de exemplu structura de triunghiuri oarecare – TIN în plan sau tetraedre în 3D). Structurile datelor geometrice şi structurile datelor semantice pot fi considerate separat şi unite uneori doar prin intermediul unui identificator comun al obiectului.

După formalizarea **modelului conceptual** al datelor este necesară stabilirea unui **model logic** al datelor, în vederea reprezentării corespunzătoare a datelor în calculator sau pe suportul de date. Până la această concepție de reprezentare a datelor pe obiecte, se cunosc trei tipuri de structurare pentru bazele de date – structurile de rețea, ierarhică şi relațională.

Cel mai utilizat este **modelul relațional**, datorită simplității sale şi a unui limbaj standard de gestionare a bazei de date (respectiv a unui limbaj de descriere a datelor şi a unui limbaj de interogare a bazei de date).

Sunt implementate multe sisteme de gestiune a unei asemenea baze de date (SGBDR – sisteme de gestiune a bazelor de date relaționale), ca de exemplu DB2, Oracle, Ingres, dBase, dar acestea sunt bune pentru gestionarea datelor nespațiale. Ca atare, într-un SIG datele nespațiale sunt reprezentate ca o structură relațională, pe când cele geometrice printr-o implementare fişier de structură topologică.

Nevoia de reprezentare unitară a tuturor componentelor unui obiect şi acceptarea tuturor structurilor existente (inclusiv relațională) în gestionarea datelor spațiale este justificată mai ales de performanțele slabe ale structurilor utilizate pentru volume mari de date (caz obişnuit în SIG), suportul necorespunzător pentru gestionarea unor obiecte complexe ale SIG (SIT) şi absența mecanismelor corespunzătoare pentru structurarea unor date precum cele referitoare la un singur obiect spațial ce nu sunt descompuse în structuri diferite (de exemplu datele tematice într-o structură şi cele geometrice într-o altă structură, conducând la două gestiuni diferite pentru acelaşi obiect).

O dată cu dezvoltarea în informatică a limbajelor de programare orientate pe obiecte (LPOO), numite popular de "generația a patra" (4GL), există posibilitatea de a folosi procedurile create cu aceste limbaje ca o punte între modelul conceptual al datelor şi modelul logic al datelor, facilitând o reprezentare unică a datelor geometrice şi a valorilor atributelor negeometrice într-o singură structură. Convenim să denumim această nouă concepție **modelare a datelor orientată pe obiecte** (MDOO). În această concepție, entitățile geosferei sunt modelate ca **obiecte**. Cuvântul **obiect** este folosit aici într-un sens mai larg decât în disciplinele cartografice unde e folosit pentru un detaliu topografic (geografic, cartografic). Noțiunea de obiect este folosită aici pentru o apariție singulară (instanțiere) a unui grup de date care descriu o entitate şi mediul său, ca de exemplu un râu, un pârâu, un lac, un punct geodezic, dar şi un nod, un arc, un poligon sau un cont bancar, o persoană, o parcelă cadastrală, un animal de tracțiune etc. Din cele de mai sus se poate trage direct concluzia – concepția MDOO poate fi folosită şi în aplicațiile altor sisteme informaționale decât cele spațiale (SIG sau SIT).

Cu toate că este în curs de cercetare, această nouă concepție în informatică , nu se cunosc încă implementări în domeniul sistemelor informaționale spațiale (SIG sau SIT). Corespunzător MDOO, există şi **structura de date orientată pe obiecte** (SDOO). Această

nouă concepţie trebuie clarificată atât pentru proiectanţii bazelor de date SIG, cât şi pentru utilizatorii SIG.

1.3.7.2 Concepţia MDOO

Concepţia MDOO se referă la: (a) *obiectele* propriu zise şi *mecanismele de abstractizare* din care rezultă obiectele, respectiv clasificarea detaliilor (obiectelor), generalizarea sau specializarea, agregarea; (b) *construcţiile de implementare*, respectiv moştenirea, propagarea, încapsularea, persistenţa, polimorfismul etc. Un obiect cuprinde un *identificator* şi mai multe date. Orice obiect are o *stare* şi o *comportare. Starea* este descrisă prin *proprietăţi* sau *atribute*, dar nu ca la structura relaţională. Proprietăţile nu sunt restrânse la *atomi* de date (date ce nu mai pot fi descompuse), ci pot fi ele însele obiecte. *Comportarea* obiectului este definită de mulţimea de *proceduri* (metode sau operaţiuni) ce pot fi aplicate datelor care descriu obiectul, aceste proceduri fiind incluse în obiect. Un exemplu edificator este obiectul CLĂDIRE într-un SIG urban. (al municipiului Bucureşti). Proprietăţile sau atributele acestui obiect sunt adresa (strada, numărul, codul poştal etc.), proprietarul, data construirii, folosinţa, numărul de etaje, coeficientul rezistenţei la cutremur, înălţimea şi datele ce descriu poziţia punctelor obiectului (şirul de coordonate). Pot fi adăugate şi imagini pe aerofotograme, porţiuni de plan etc. *Procedurile* se referă, de exemplu, la *gestiunea* obiectului în baza de date (creare, ştergere, modificare), la operaţiunile de *reprezentare* a obiectului pe diferite geoimagini (hărţi, fotohărţi, ecrane grafice etc.,figura 1.3), respectiv de generare a semnelor convenţionale punctuale sau areale sau a imaginilor perspective, operaţiunile de generalizare a clădirii pe geoimagini la scări diferite şi cu diferite teme etc.

Obiectele pot fi *simple* (piatră kilometrică, troiţă,..) sau *complexe* (cvartal, cartier, sat, oraş, municipiu,…), gradul de complexitate depinzând de operaţiile suportate de SIG. Obiectele sunt construite prin agregare de la simplu la complex. Din punct de vedere geometric sau al modului de reprezentare pe un plan de referinţă sau în baza de date spaţială, obiectele se pot clasifica după dimensiunile lor (fig. 1.15). Se va vedea importanţa acestei clasificări şi la digitizarea poziţiei obiectelor, pe teren, pe hartă sau pe fotogramă.

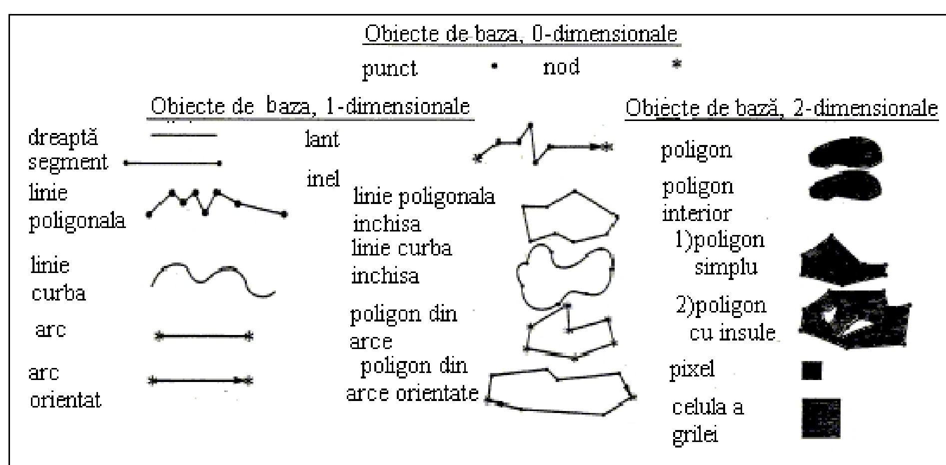


Fig. 1.15 Dimensiuni ale obiectelor în baza de date spaţială

1.3.7.3 Mecanisme de abstractizare

Obiectele sunt construite cu ajutorul mecanismelor de abstractizare, care sunt clasificarea, generalizarea *şi/sau* specializarea, agregarea şi asocierea. Se vede avantajul cartografului, care a întâlnit aceste mecanisme şi la modelarea cartografică.

Clasificarea constă în împărţirea detaliilor şi a structurilor de date pe *clase*, identificarea proprietăţilor sau atributelor tuturor obiectelor. Toate obiectele unei clase au aceleaşi proprietăţi, ca în exemplul dat mai sus. Convenim să denumim clasa printr-un substantiv la plural (de exemplu "clădiri"). Orice obiect clădire particulară face parte din clasă, va avea toate proprietăţile clasei, dar cu valori diferite. Pentru fiecare clasă, obiect sau proprietate se stabileşte câte un nume (fig. 1.16). Orice clasă poate avea *subclase* şi *superclase*. De exemplu, din clasa clădiri pot face parte subclasele clădiri *de locuit*, clădiri *industriale*, clădiri *agricole*, *magazine*, *hoteluri* etc., ce pot avea şi proprietăţi particulare în plus faţă de proprietăţile clasei.

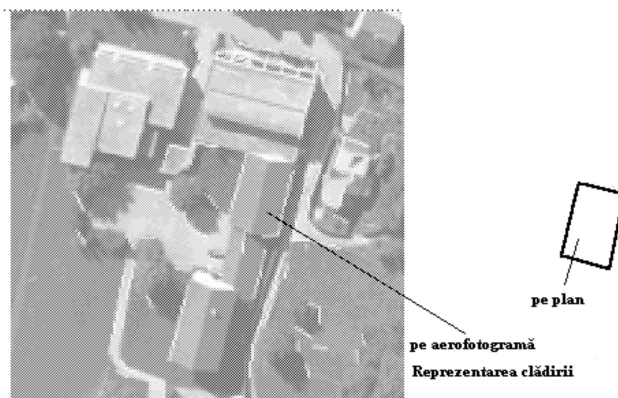


Fig. 1.1.6 Exemple de imagini ale obiectului în baza de date

Generalizarea şi/sau **specializarea** au o importanţă foarte mare şi completează clasificarea. Generalizarea, ca şi în cartografie, "vede" spaţiul geografic cu nivele diferite de detaliere. Diferite clase de obiecte, cu proprietăţi şi proceduri comune, pot fi cuprinse într-o clasă mai generală denumită *superclasă*. Aici apar *superclasele* şi *subclasele*, acestea caracterizând *ierarhia de generalizare*, în care obiectul subclasei, de exemplu, păstrează proprietăţile şi procedurile superclasei, dar care are multe proprietăţi şi proceduri specifice, care nu apar la superclasă, în vederea reducerii redundanţei. Pentru aceeaşi bază de date pot fi stabilite mai multe ierarhii de generalizare, în funcţie de aplicaţiile SIG.

O *ierarhie de generalizare* poate avea un număr diferit de *nivele* în care o subclasă poate avea, la rândul ei, rolul unei superclase pentru o altă clasă specificată. În concluzie, termenii superclasă şi subclasă sunt abstractizări pentru acelaşi obiect şi nu descriu două obiecte diferite, ci acelaşi obiect la nivele diferite de detaliere. De exemplu, clasa hoteluri poate fi considerată o subclasă a clădirilor. La subclasă se menţin proprietăţile superclasei, dar apar noi proprietăţi (atribute) specifice subclasei, precum denumirea hotelului, standardul de clasificare, numărul de camere pe categorii etc., astfel ca la interogarea bazei de date pentru un anumit hotel sunt date şi atributele clădirii în care e dispus hotelul. De observat aici este faptul că la fiecare nivel de generalizare este utilizată clasificarea.

Specializarea face parte din generalizare, precizând prin intermediul subclaselor *ierarhiile de generalizare* (de exemplu hotel este o clădire specializată pentru cazarea turiştilor etc.). Tot prin generalizare, unui anumit utilizator SIG i se furnizează doar anumite date, cu toate că baza de date cuprinde mult mai multe date.

Agregarea este un mecanism de abstractizare folosit pentru obţinerea obiectelor compuse (asemenea integrării de la generalizarea cartografică). Sunt combinate obiecte diferite pentru a forma un obiect de nivel semantic superior. Fiecare obiect constitutiv al obiectului compus (complex sau agregat) are proprietăţile şi procedurile sale specifice.

Proprietățile obiectului compus sunt derivate din proprietățile obiectelor constitutive prin operațiunea de *propagare*, pe când procedurile obiectului compus nu sunt compatibile cu procedurile părților. Prin agregare se construiesc obiecte din ce în ce mai complexe plecând de la obiectele elementare.

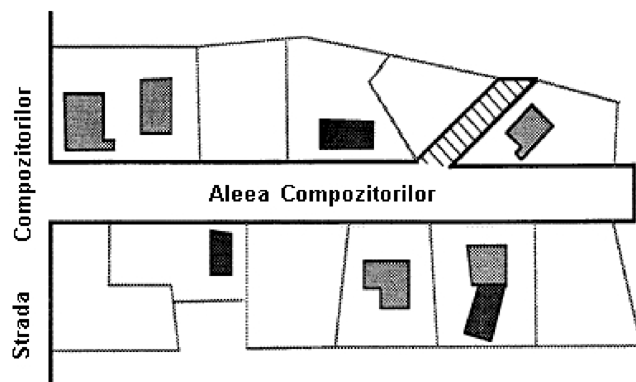


Fig 1.17 Cvartalurile ca obiecte agregate

Ierarhia de agregare este exprimată uneori prin relația *parte a*, deoarece obiectele constitutive sunt părți ale obiectului compus (agregat), sau prin relația inversă *constă din*. De exemplu, într-un SIG urban obiectul cvartal (fig. 1.17) este format din clădiri dispuse pe parcele contigui, delimitat de străzi, pe parcele putând exista şi alte elemente – parcuri, parcări, locuri de joacă pentru copii etc.

La orice abstractizare prin agregare trebuie indicate precis clasele din care poate fi format obiectul complex (agregat) şi condițiile pe care trebuie să le îndeplinească (în exemplul de mai sus vecinătatea areală sau contiguitatea şi delimitarea de către străzi, dar fără străzi interioare). Trebuie remarcat faptul că elementele geometrice nu se vor repeta la obiectul complex, acestea determinându-se printr-o anumită procedură din elementele geometrice ale obiectelor constitutive (de exemplu frontiera cvartalului).

Asocierea este un mecanism de abstractizare în care chiar o relație între două sau mai multe obiecte independente formează un nou obiect. Spre deosebire de generalizare şi agregare, asocierea nu construieşte ierarhii şi nu urmează reguli stricte, ci indică doar o mulțime de obiecte care au ceva în comun. Ca exemplu de asociere sunt datele ce descriu relațiile topologice (arcuri, noduri, poligoane şi fețe descrise prin liste cu pointeri sau adrese).

1.3.7.4 Construcții de abstractizare (implementare)

La utilizarea mecanismelor de abstractizare descrise mai sus au un rol deosebit construcțiile de abstractizare sau de implementare, respectiv moştenirea, propagarea, încapsularea, persistența, polimorfismul etc.

Moştenirea constă în păstrarea proprietăților superclasei şi atribuirea acestora şi obiectelor subclaselor. Această *transmitere tranzitivă* a proprietăților este o caracteristică a MDOO, micşorând redundanța datelor. Moştenirea asigură modularitatea şi păstrarea integrității bazei de date, deoarece atributele existențiale ale unui obiect sunt definite doar o dată şi sunt moştenite la nivelele inferioare. Procedurile superclasei sunt aplicabile tuturor obiectelor subclasei, deoarece fiecare obiect al subclasei este şi obiect al superclasei, dar procedurile definite pentru o subclasă nu sunt compatibile cu obiectele superclasei. De exemplu, un *magazin* este o subclasă a *clădirilor*, iar procedura sau operațiunea de *aprovizionare_magazin* nu poate fi aplicată clădirii. Relația de moştenire are loc numai de la superclasă la subclasă şi poate fi singulară (simplă) sau multiplă. În *moştenirea simplă*, o ierarhie strictă de generalizare este astfel definită, încât fiecare clasă are cel mult o singură

superclasă imediată, pe când în *moştenirea multiplă* o subclasă poate avea mai multe superclase imediate distincte. Exemple pot fi date mai ales în cazurile existenţei în SIG a subsistemelor nespaţiale.

Propagarea se foloseşte mai ales în mecanismele de agregare şi de asociere şi constă în derivarea valorilor atributelor obiectelor complexe din valorile atributelor obiectelor constitutive, valorile atributelor obiectelor complexe nefiind memorate, ci determinate doar când e necesar (la interogarea bazei de date), dar asta în funcţie de frecvenţa şi volumul interogărilor şi timpul şi complexitatea calculelor. De exemplu, populaţia municipiului Bucureşti se obţine ca sumă a populaţiilor sectoarelor componente. Pe lângă valorile propagate, obiectul complex (agregat sau asociat) poate avea şi atribute specifice şi distincte faţă de componentele sale. Sensul de propagare este de la subclasă la superclasă, contrar moştenirii.

Propagarea asigură păstrarea proprietăţii de *consistenţă a datelor*, deoarece valorile determinate prin propagare nu necesită actualizarea, aceasta necesitând-o doar proprietăţile elementelor componente.

Încapsularea constă în introducerea într-un obiect atât a datelor ce-l caracterizează (valorile atributelor), cât şi a procedurilor care gestionează şi prelucrează aceste date. Concepţia este foarte utilă, mai ales la apariţia noilor *limbaje de programare orientate pe obiecte* (LPOO) şi la utilizarea lor în SIG. Procedurile vor servi ca interfaţă între utilizator şi SIG (baza de date a SIG), care poartă mesajele SIG către utilizator, dar care asigură şi interogările SIG de către acesta.

Cu obiectele vor fi executate doar procedurile descrise la crearea bazei de date, de exemplu procedurile care asigură operaţiunile topologice (determinarea tuturor arcelor ce se intersectează într-un nod, determinarea succesiunii de arce ale unui circuit sau ciclu, determinarea conturului comun al mai multor poligoane contigui etc.), proceduri cartografice (proceduri de generalizare cartografică, de generare a semnelor convenţionale şi a inscripţiilor pe geoimaginile extrase din SIG, toate procedurile specifice cartografiei matematice etc.), proceduri geometrice (determinarea ariilor, distanţelor şi orientărilor pe elipsoid, pe sferă sau în planul proiecţiei) etc.

Deoarece fiecărui obiect îi corespund procedurile specifice, este posibilă schimbarea reprezentării în baza de date a SIG a unui obiect, fără influenţarea restului conţinutului bazei de date.

Persistenţa constă în memorarea şi actualizarea permanentă a obiectelor create şi este o caracteristică de bază a noilor LPOO, pentru a le distinge de limbajele clasice actuale (de exemplu FORTRAN sau BASIC), la care datele create de programe persistă doar pe timpul rulării acestora. Aceasta face ca noile LPOO să aibă unele caracteristici ale SGBD, păstrând valorile atributelor de la o rulare la alta, deci să conţină şi procedurile de salvare şi încărcare.

Polimorfismul constă în informatică în folosirea multiplă a unui nume pentru reprezentarea unui obiect sau a unei proceduri, în special a simbolurilor pentru operaţiuni. De exemplu, simbolul ”/” poate fi folosit pentru o procedură de suprapunere a două obiecte areale sau pentru operaţiunea de împărţire. Funcţiile unor nume de proceduri pot fi diferite şi după tipul de operand sau operanzi etc.

1.3.7.5 Implementarea SDOO

Implementarea SDOO a SIG este o problemă actuală, dar se pare că pune ordine mai ales în aplicaţiile SIG şi, ca atare, chiar în proiectarea şi realizarea SIG. În general, SDOO

poate fi implementată prin utilizarea unui SGBD relațional bazat pe obiecte (de exemplu folosind Postgress sau Iris) sau folosind chiar un sistem orientat pe obiecte (de exemplu Smallworld sau Ontos, actualmente în experimentare în informatică). Se pot folosi şi programe scrise într-un LPOO, de exemplu C++ sau Smalltalk, macrocomenzile procedurilor scrise fiind cuprinse în obiecte. Încă nu s-a realizat un SGBDOO comparabil cu SGBD cunoscute, ceea ce face încă dificilă implementarea în SIG a acestei concepții. Lipsa unui limbaj de interogare orientat pe obiecte (se experimentează doar) duce la folosirea unui SGBD relațional şi completarea acestuia cu proceduri ale noii concepții.

1.3.8 Concluzii

Structurile de date constituie o problemă de mare importanță a SIG şi necesită studii aprofundate, chiar în mai multe teze de doctorat. Pentru aplicații restrânse, cu programe simple şi cu tipuri limitate de date se pot accepta (se folosesc) masivele, structuri omogene şi contigue, unidimensionale, bidimensionale sau multidimensionale, acestea din urmă fiind similare reprezentărilor specifice bazelor de date relaționale. Masivele sunt specifice programelor în limbaje avansate şi sunt (mai) familiare programatorilor. Acestea oferă mecanisme simple de calculare a adreselor la scrierea şi regăsirea datelor. Problemele ce apar sunt cele legate de dimensiunile masivelor, limitate de memoria internă a calculatorului electronic. Structurile de date de tip pointer se folosesc în multe alte structuri şi constau în memorarea de către pointeri a adreselor locațiilor de memorie.

Pentru gestionarea unor primitive grafice de tip punctual, liniar sau areal se pot folosi structuri de date necontigue, de tip listă, stivă sau coadă. Datele vectoriale, de tip grilă şi de tip raster pot fi organizate în structuri arborescente, atât în memoria internă, cât şi în memoria externă. Bazele de date relaționale folosesc toate operațiile structurilor de mai sus.

Structurile de date topologice se bazează pe primitivele noduri, arce şi fețe şi pe relațiile de frontieră şi cofrontieră. Structura permite realizarea unor operațiuni spațiale care se folosesc în analiza SIG, ca de exemplu generarea zonelor tampon, suprapunerea poligonală şi combinarea elementelor grafice. Aceste structuri sunt cele mai utilizate în prezent de către pachetele de programe SIG (Arc/Info, MGE etc.).

Concepția SDOO crează noi posibilități de dezvoltare şi aplicare a SIG. Realizarea unui LPOO va grăbi implementarea acestei concepții. În alegerea acestei concepții trebuie să se țină seama mai ales de: folosirea unor identificatori unici ai obiectelor; proiectarea şi a unor tipuri de date definite de utilizatori; proiectarea, programarea şi folosirea unor proceduri definite inclusiv de utilizatori; completarea metodelor de acces la datele bazei de date şi cu metodele specifice utilizatorilor; definirea unor obiecte complexe prin mecanisme specifice; dezvoltarea extensibilității dinamice a structurii; utilizarea tablourilor programelor scrise în noul LPOO etc.

Procedurile şi operatorii dezvoltați vor fi specifice diferitelor grupe de utilizatori. Cu toate că dezvoltarea LPOO nu face obiectul lucrării, multe metode de culegere a datelor SIG şi aplicațiile corespunzătoare vor trebui să fie rescrise la implementarea noii concepții. Realizarea lucrărilor practice descrise a ținut seama doar parțial de noua concepție, dar terenul e pregătit pentru o nouă abordare. Aplicațiile dezvoltate de autor au ținut seama mai ales de structurile deja implementate.

Alegerea unei anumite structuri a datelor geografice se face după mai multe criterii. Printre aceste criterii se rețin cele ale volumului datelor, tipurilor datelor, flexibilității datelor pentru diferite aplicații, tipurilor de algoritmi care se pot aplica datelor, posibilității utilizării

unor date, programe şi aplicaţii existente deja în unele organizaţii, timpului maxim de acces la date etc.

O structură de date este cu atât mai complexă, cu cât volumul datelor este mai mare şi cu cât numărul de relaţii explicite este mai mare, ca atare trebuie să se facă un compromis între numărul de relaţii implicite şi cel al celor explicite. Creşterea numărului de relaţii explicite duce la creşterea volumului datelor şi a necesităţilor de memorare. Pe de altă parte, dacă numărul de relaţii explicite este mai mare, scade timpul de acces la unitatea logică a datelor.

De exemplu, pentru o structură topologică (poligonală), numărul total de accese la articolele logice poate fi determinat cu relaţia

$$a=C_1l+C_2p+C_3 \qquad (1.10)$$

unde a este numărul de accese, l este numărul de laturi ale grafului, iar p este numărul de poligoane (feţe); C_1, C_2 şi C_3 sunt constante ce se determină experimental (cu valori între 2 şi 8). Constantele de mai sus depind şi de rezoluţia discretizării muchiilor sau arcelor grafului planar. Într-o structură topologică, datele referitoare la structura de graf reprezintă aproape jumătate din totalitatea datelor şi, bineînţeles, cantitatea totală de date creşte proporţional cu mărirea domeniului geografic spaţial al datelor (aria zonei) şi cu mărirea rezoluţiei spaţiale a datelor vectoriale sau raster. Referitor la gradul de integrare a diferitelor nivele tematice, complexitatea structurii creşte cu numărul de nivele tematice.

1.4 Proiectarea SIG

1.4.1 Comparaţie statistică a funcţionalităţii pachetelor de programe SIG

Pe piaţa pachetelor de programe SIG există mii de pachete. Fiecare pachet poate fi caracterizat prin sute de atribute (caracteristici) funcţionale. Între pachetele de programe se pot găsi similarităţi, luând în consideraţie mai mulţi factori. Pachetele de programe pot fi caracterizate de variabile cu valori binare (0 şi 1), reprezentând lipsa sau prezenţa unei anumite funcţii. Similaritatea pachetelor de programe se poate exprima printr-o matrice a coeficienţilor de similaritate, respectiv cu distanţele multidimensionale (normele) dintre pachetele comparate. Analizând apoi grupele de pachete similare, rezultatele analizei au permis determinarea relaţiei dintre atributele grupelor şi unele informaţii nebinare, precum numărul de instalări, vechimea în ani a prezenţei pe piaţă, tipul aplicaţiei (SIG "total", SIG specific unui domeniu dat etc.). Tipul de analiză este folosit pentru găsirea programelor alternative. Metoda nu elimină evaluarea pachetelor după cerinţele concrete ale unui anumit utilizator.

1.4.1.1 Generalităţi

Pachetele de programe SIG se dezvoltă permanent. Apar noi pachete, iar altele deja nu se mai folosesc. În anul 1995 au apărut pe piaţă circa 50 de pachete de programe, iar în anul 2000 circa 200. În figura 1.18 este arătat numărul de pachete existente pe ani, până în 1996. Un pachet din patru existent în 1994 exista şi în 1998, fiecare al doilea pachet exista pe piaţă de cel puţin trei ani, iar un sfert din pachetele de programe a fost lansat cu un an înaintea începerii analizei. Cel mai vechi pachet important care se mai utilizează încă datează din 1988. Curba numărului de pachete existente pe ani este dată în figura 1.18, din care se vede creşterea aproape liniară în 1995, comparativ cu 1992 şi 1993. Cererea de noi pachete va

scădea semnificativ în anii următori. Va fi tot mai dificil să se atragă utilizatorii pentru un pachet mai competitiv, comparativ cu faptul că pachetul este croit precis pe cerințele utilizatorului sau pe faptul că pachetul este mult mai ieftin. Uneori există o confuzie a utilizatorilor, dată de marea diversitate a pachetelor de programe disponibile. Trebuie date răspunsuri la întrebări de genul: ce pachet de un preț dat este optim?; ce pachet va fi prezent pe piață la începutul secolului XXI ?; ce pachet poate fi folosit pentru instruirea viitorilor specialişti SIG?; care sunt tendințele tehnologice pe piața software SIG? etc. Există o mare cerere de informații asupra pachetelor de programe SIG disponibile.

Multe reviste tehnico-ştiințifice publică regulat informații asupra pachetelor de programe SIG (de exemplu Professional Geographic, GIS Europe, GIS World etc.).

Este descrisă în cele ce urmează o metodologie de comparare a funcțiilor pachetelor de programe SIG. Termenul funcție reprezintă posibilitatea pachetului de a realiza o operațiune dorită, inclusiv posibilitatea rulării pe o anumită platformă hardware şi/sau cu un anumit sistem de operare. De remarcat că nu există un pachet de programe ideal care să realizeze toate funcțiile posibile, în vederea îndeplinirii cerințelor tuturor utilizatorilor. Pentru a compara două pachete (sisteme) de programe trebuie definite criterii clare, rezultate din cerințele tuturor utilizatorilor, destul de diferite pentru diverse domenii de utilizare (silvicultură, protecția mediului, apărare civilă, securitate națională, agricultură, cadastru etc.).

Conform cerințelor unui anumit utilizator, metodologia de mai jos permite alegerea unei grupe de programe similare ce corespund acelor cerințe sau care pot fi completate uşor cu noi proceduri. Dacă baza de date deja există şi va fi utilizată în SIG, metodologia poate fi

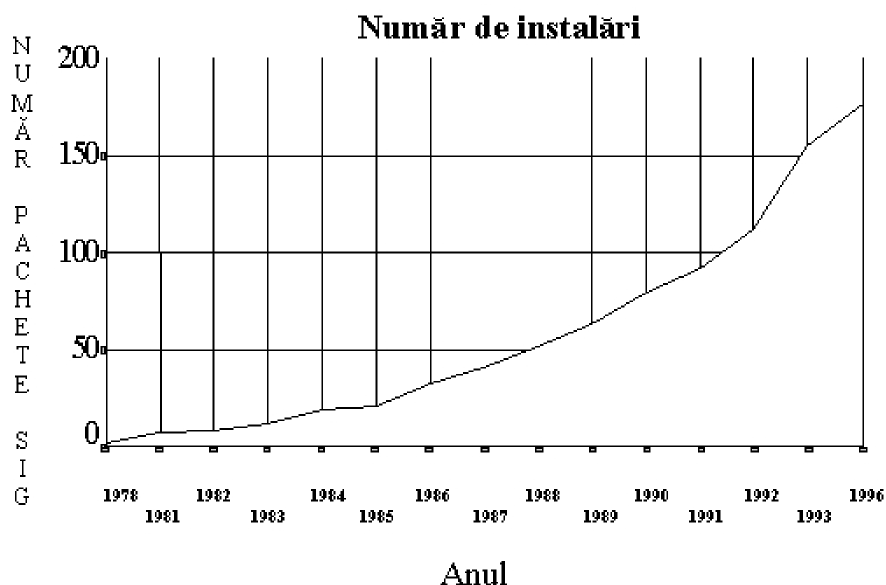


Fig. 1.18 Numărul de instalări de pachete SIG

aplicată foarte eficient şi rapid, utilizând pachetele de programe statistice şi de calcul tabelar (de exemplu S-PLUS).

Metodologia poate fi folosită în etapa de implementare a pachetelor de programe din cadrul realizării SIG şi în mod special la faza de evaluare a sistemului. În procedurile de implementare a programelor SIG, etapa primară este cea de definire a cerințelor utilizatorului, realizând *analiza cerințelor utilizatorului* (ACU, vezi 1.6). Rezultatele ACU trebuie coroborate cu tehnologia disponibilă în etapa următoare, de evaluare a sistemului. Evaluarea

devine formalizată şi mai puţin subiectivă. Se poate lua astfel o decizie corectă privind alegerea unui anumit pachet de programe SIG.

1.4.1.2 Sisteme de clasificare

Specialiştii SIG, cercetătorii ştiinţifici în general, au nevoie să organizeze şi să-şi clasifice observaţiile, noţiunile şi ideile care stau la baza ştiinţei lor. Clasificarea poate viza pachetele de programe, datele geografice sau datele cartografice etc. Un sistem de clasificare, deşi arbitrar şi conceput cu scop utilitar, poate să fie de mare folos în perceperea relaţiilor naturale fundamentale sau a altui tip de relaţii.

Majoritatea sistemelor de clasificare, fie matematice, fie nematematice, utilizează: (a) comparaţia între perechi de observaţii, pentru determinarea gradului de similaritate dintre aceste perechi; (b) separarea perechilor de observaţii în categorii între care există un grad general de asemănare.

În cazul de faţă, dacă se doreşte să se clasifice pachetele de programe SIG sau cele cu unele funcţii apropiate de funcţiile SIG, se compară în esenţă fiecare pachet în parte cu celelalte pachete, iar în final se separă pachetele în categorii sau clase, între pachetele unei clase existând un anumit grad de asemănare.

Majoritatea metodelor matematice de clasificare sunt asemănătoare. Compararea diferitelor perechi de eşantioane poate fi făcută calculând un coeficient a cărui valoare este o măsură a gradului de similaritate (vezi capitolul al III.lea). Fiind date **n** pachete de programe, când se face o comparaţie între toate perechile posibile, se obţine o matrice pătrată a tuturor coeficienţilor de similaritate, invariabil simetrică faţă de diagonala principală, putându-se reţine doar matricea triunghiulară superioară. Este obişnuit, dar nu esenţial, ca aceşti coeficienţi să aibă valori normalizate, între –1 şi +1 sau în procente, între –100% şi +100%, unde –1 reprezintă lipsa de similaritate, iar +1 similaritatea maximă (completă). În multe cazuri însă este mai convenabil de a comprima variaţia între 0 şi +1 (0 reprezentând disimilaritatea maximă, iar +1 similaritatea completă).

O matrice a coeficienţilor de similaritate poate avea o utilitate directă prin ea însăşi sau poate fi "structurată" ulterior printr-o formă oarecare a analizei grupărilor sau a analizei

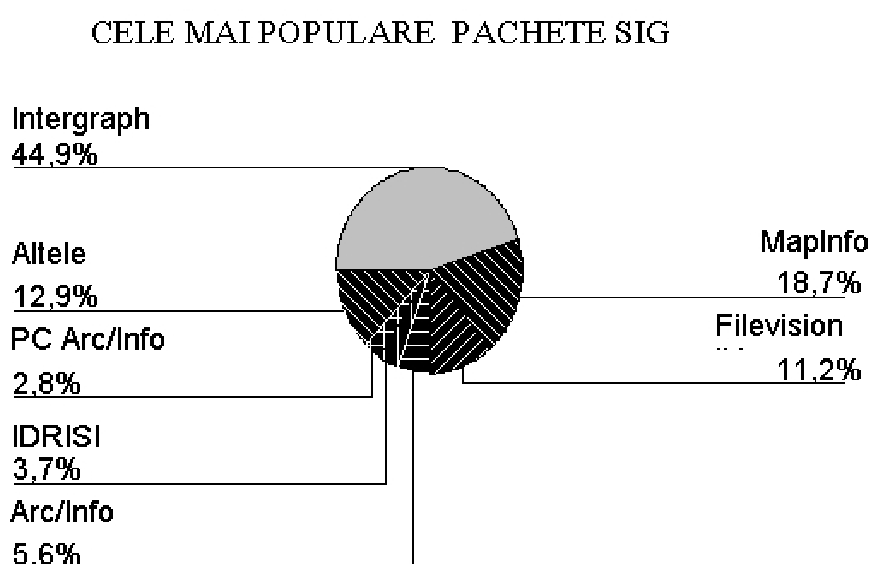


Fig. 1.19 Cele mai populare pachete SIG (în 1996)

factoriale. Numărul coeficienţilor de similaritate, omiţând diagonala principală, este $(n^2-n)/2$, unde n este numărul pachetelor de programe.

Există două moduri de aplicare a coeficienţilor de similaritate şi a matricelor. Se pot face comparaţii direct între pachete pentru a stabili direct relaţiile dintre pachete, sau se pot face comparaţii între mai multe variabile, caracteristici ale pachetelor, pentru a stabili relaţii între aceste variabile. Comparaţiile dintre obiecte, deci dintre pachete în cazul de faţă, sunt de obicei denumite analiza "*Q*-mod", pe când comparaţia între variabile analiza "*R*-mod". Atât matricele *Q*-mod cât şi matricele R-mod pot fi calculate din aceleaşi date. În cazul dat variabilele pachetelor sunt chiar operaţiunile care se pot executa cu programele acestor pachete.

1.4.1.2.1 Tipuri de coeficienţi de similaritate

Au fost stabilite mai multe tipuri de coeficienţi de similaritate (Harbaugh şi Merriam,1972), utilizaţi în taxonomie (clasificarea şi gruparea obiectelor*). Coeficientul de corelaţie al lui Pearson* este util pentru a face comparaţii între variabilele numerice şi poate fi folosit pentru comparaţii între obiecte sau probe.

Coeficienţii de distanţă se bazează pe conceptul că o măsură cantitativă a gradului de similaritate dintre două variabile sau două probe este dată de distanţa care le separă într-un sistem de coordonate rectangulare: cu cât e mai scurtă distanţa, cu atât gradul de similaritate este mai mare şi invers.

Coeficienţii cosinus-theta pot fi consideraţi ca exprimând similaritatea ca o relaţie unghiulară între două probe sau variabile reprezentate într-un sistem de coordonate multidimensional, similaritatea dintre două probe p şi q fiind reprezentată prin unghiul dintre vectorii lor respectivi în sistemul de coordonate dat. Valoarea 0 a unghiului arată o similaritate maximă, iar unghiul drept arată o disimilaritate completă.

Coeficienţii de concordanţă dintre probe pot apărea atunci când se compară stări discrete. O stare discretă se referă la o proprietate fie prezentă, fie absentă, care este de aşa natură că nu poate fi descrisă numeric. Utilizarea stărilor discrete reprezintă avantaje importante chiar şi când se are de a face cu date semicantitative, deoarece datele brute pot fi obţinute mult mai uşor. Cel mai simplu coeficient de acest fel este coeficientul de concordanţă, care este definit ca raportul dintre numărul de concordanţe şi numărul total de comparaţii. Se fac comparaţii între eşantioane, datele fiind reduse la două categorii, respectiv *da* sau *nu.* Există şi alţi coeficienţi de similaritate, dar care nu fac obiectul acestui studiu.

1.4.1.2.2 Analiza grupărilor

Scopul analizei grupărilor este prezentarea relaţiilor din interiorul unei matrici de coeficienţi de similaritate. Aceasta se poate face în forma cea mai simplă prin ordonarea variabilelor într-o reţea dendritică ierarhică sau dendrogramă, în care diferitele variabile sau obiecte sunt astfel grupate, încât relaţiile reciproce, aşa cum sunt conţinute în matricea coeficienţilor de similaritate, sunt prezentate în modul cel mai simplu. În mod ideal, relaţiile sunt de aşa natură, încât pot fi pe deplin reprezentate printr-o reţea dendritică complet conţinută în două dimensiuni. Practic este însă greu sau imposibil de a obţine o reprezentare eficientă printr-o diagramă bidimensională. Analiza în cadrul studiului nostru va avea ca rezultat dendrograma pachetelor de programe grupate după anumite criterii, de exemplu după grupele de operaţiuni posibile pe care acestea le pot executa. Practic se face ordonarea pachetelor de programe, aducându-le pe cele asemănătoare în poziţii adiacente.

Pentru aceasta se pot folosi două metode:

Metoda legăturii prin medii neponderate presupune gruparea entităților similare. Grupările sunt realizate în jurul unor centre ale celor mai asemănătoare perechi de entități. Spre a putea intra într-o grupare, o entitate (un pachet) va trebui să prezinte un nivel de similaritate egal cu similaritatea medie dintre ea şi ceilalți membri din grup. Pe măsură ce se scade numărul nivelelor de similaritate, entitățile restante se alătură uneia sau alteia din grupări, în acest fel grupările individuale unindu-se ultimele şi, în final, toate entitățile fiind incluse într-o grupare mare

Metoda legăturii simple diferă prin aceea că o entitate (un pachet) care trebuie să fie inclusă într-o grupare trebuie să aibe un coeficient de similaritate egal cu similaritatea maximă dintre ea şi oricare altă entitate din grupare, aceasta însemnând că o legătură simplă pentru un nivel dat de similaritate este suficientă pentru a permite intrarea într-o grupare. Gruparea este reprezentată de obicei sub forma unei dendograme, ale cărei ramificații indică grupări ce se formează la nivele succesive de similaritate. O astfel de dendrogramă va fi prezentată mai jos.

1.4.1.3 Date inițiale pentru aplicarea metodei

Datele au fost culese din revistele de specialitate disponibile (GIS World, GIS Europe, Arc Info News, GIS World Sourcebook etc.), referitoare la pachetele existente pe piața SIG la nivelul anului 1996, doar ca un exemplu, pentru a nu supăra firmele producătoare în prezent. Asemenea articole publicate începând cu anul 1991 conțin tabele cu pachetele de programe pe rânduri (anexa A), având pe coloane funcțiile procedurilor programelor. Făcând o analiză succintă, rezultă că în anul 1990 existau 88 de pachete cu 132 de funcții principale, iar în anul 1996 existau 383 de pachete cu 228 de caracteristici. Sunt prezente în literatură două considerații referitoare la datele inițiale pentru analiză: (a) informațiile primite de la firmele furnizoare sunt corecte, ştiind că, de regulă, acestea supraevaluează programele proprii; s-a observat totuşi o anumită sinceritate, de exemplu din partea firmei ESRI, care în 1996 recunoştea că Arc/Info nu realizează încă complet conversia vector-raster, nu poate face registrația corectă a imaginilor vectoriale peste imaginile raster etc., lucruri ce se remediază într-un mod excepțional în anii 1998 şi 1999; (b) informațiile publicate în tabele sunt corecte, cu unele mici scăpări ce pot fi corectate de analistul documentat.

Tabelele publicate sunt completate cu noi coloane ce conțin date alfabetice (numele pachetului, numele firmei realizatoare şi versiunea) şi date numerice (anul primei instalări, numărul de instalări, numărul estimat de utilizatori, prețul de bază în dolari SUA).

1.4.1.4 Tendințe tehnologice privind pachetele de programe SIG

Analiza datelor inițiale a permis determinarea caracteristicilor a 187 de pachete de programe SIG. Rezultatele obținute au fost şi sunt folositoare atât utilizatorilor, cât şi firmelor realizatoare şi vânzătorilor de programe. Pachetul tipic pentru SIG combină funcțiile procedurilor pachetelor de programe SIG cu funcțiile de conversie a formatelor datelor, de gestiune a datelor sau cu operațiunile de procesare a (geo)imaginilor digitale. Pentru programele SIG, cele mai multe programe folosesc sistemele de operare Windows şi UNIX. Doar 23 de programe puteau fi rulate pe Macintosh, 16 sub OS/2 şi 14 sub Windows NT. Multe programe sunt rescrise în prezent pentru Linux. Alte sisteme de operare sunt extrem de rare.

Structura de date bazată pe date vectoriale era mai des utilizată comparativ cu cea bazată pe date raster (raport de 1,5:1), în prezent orice pachet lucrând cu trei tipuri de date. În plus față de metodele tradiționale de culegere a datelor (digitizare vectorială şi digitizare raster sau scanare), 75 de pachete foloseau datele culese automat cu receptoare GPS şi 51 foloseau datele rezultate de la procedurile utilizate în modulul COGO (calcule topografice).

Posibilitatea afişării datelor vectoriale peste datele raster prin registraţie este un lucru obişnuit pentru pachetele SIG actuale, ca şi măsurarea prin vizare pe imaginea afişată a distanţelor dintre puncte, a ariilor poligoanelor, a coordonatelor geografice ale punctelor etc. Intersectarea poligoanelor începe să fie o procedură tot mai des folosită după 1995. De regulă, sistemele bazate pe date raster sunt cele mai propice pentru realizarea multor funcţii de analiză cartografică, analiză a suprafeţelor şi mai ales pentru procesarea imaginilor digitale, pe când pachetele bazate pe structuri de date vectoriale sunt mai propice pentru analizele în reţele. Privind funcţiile de editare, devine o necesitate regularizarea grafurilor prin racordarea corectă a arcelor, racordarea datelor provenite din surse diferite etc (ESRI, 1996)..

Limbajele de comandă suport (în 158 de pachete), macrolimbajele (în 227 de pachete) şi meniurile utilizator personalizabile (în 104 pachete) demonstrau că interfaţa utilizator are un rol covârşitor în programele SIG.

Trebuie de asemenea amintit că cele mai utilizabile periferice de ieşire erau ploterul electrostatic (în 133 de pachete), imprimanta cu laser (în 114) şi ploterul cu peniţe (în 113). Imprimanta matricială, care deţinea în trecut ponderea, se mai foloseşte doar în 17 pachete de programe. Privind formatele utilizate, pachetele puteau importa date cel puţin în formatele ASCII (126), DXF (121), Arc (69) şi DLG (58). În aceleaşi formate cel puţin şi în plus în formatul HPGL sunt exportate datele către alte pachete de programe. Pentru exportul imaginii grafice se puteau folosi formatele HPGL (104), PS (96), EPS (53), TIFF (53) etc. SGBD cel mai utilizat era încă dBASE (în 93 de pachete), dar se foloseau şi ORACLE (în 88), Informix (în 55), Foxbase (în 63) şi INFO (în 21).

Se pot determina şi funcţiile cele mai des utilizate. Puţine pachete foloseau atunci module de tip TIN (reţea de triunghiuri oarecare), respectiv 31 de pachete, precum şi structurile de date 3D (doar 34 de pachete). Cea mai puţin utilizată funcţie era haşurarea poligoanelor cu diferite modele de linii, folosită doar în 12 pachete, dar prezentă acum în majoritatea pachetelor. Generarea curbelor de nivel era mai puţin folosită (doar în 25 de pachete), această funcţie fiind realizată totuşi de alte pachete din afara SIG (de exemplu SURFER). Erau extrem de rar utilizate două operaţiuni specifice reţelelor, respectiv determinarea drumului minim (în 33) şi selecţia celui mai apropiat vecin (în 28). Doar 16 pachete foloseau poligoanele Thiessen şi doar 23 furnizau statistici reprezentative. De asemenea, doar o treime din toate pachetele de programe SIG utilizau o operaţiune foarte simplă, respectiv analiza frecvenţei, care este larg utilizată în pachetele de programe pentru procesarea imaginilor digitale. Multe din lipsurile manifestate în 1996 au fost remediate la sfârşitul secolului al XX-lea.

1.4.1.5 Metodologia de analiză a funcţiilor programelor

Pentru a evidenţia pachetele cu funcţionalitatea cea mai ridicată, se poate aplica un sistem de ponderare. Procedura de selecţie a celor mai funcţionale pachete de programe (utilizând un pachet de programe de statistică matematică) cuprinde următoarele etape: (a) stabilirea unui sistem de ponderare adecvat unui utilizator, unde funcţiei ce se va utiliza cel mai mult i se atribuie o pondere maximă, iar funcţiei ce nu se doreşte a se utiliza ponderea 0; (b) scrierea sistemului de ponderi pe primul rând de după header, fiecare pondere fiind scrisă sub funcţia corespunzătoare; (c) transpunerea rândului de ponderi într-un vector coloană şi concatenarea acestuia la dreapta matricei funcţiilor sau caracteristicilor; (d) înmulţirea matricei cu valori binare cu vectorul ponderilor, rezultând un vector coloană cu valorile indicilor de funcţionalitate ai tuturor pachetelor de programe; (e) sortarea liniilor matricei după valorile descrescătoare ale indicelui de funcţionalitate; (f) alegerea primelor n linii ale matricei , care reprezintă primele n pachete de programe cu indicele de funcţionalitate cel mai

mare. Aşa cum s-a menționat mai sus, ponderile trebuie să fie corespunzătoare cerințelor utilizatorilor. Ponderile nu au fost utilizate în studiul nostru sau se poate aprecia că ponderile au fost egale toate cu 1.

Se poate face o apreciere globală că un pachet sau sistem de programe este cu atât mai bun, cu cât el are mai multe funcții, respectiv că se execută cu el cât mai multe operațiuni. În mod ideal, cel mai bun sistem ar trebui să execute toate operațiunile cerute. Deoarece în studiu au fost identificate 218 operațiuni, aceasta înseamnă că valoarea maximă posibilă a indicelui este 218. Indicele relativ de funcționalitate se obține prin împărțirea indicelui la indicele maxim posibil şi exprimarea acestuia în procente, obținându-se valori între 0 (nici o funcție) şi 100 (funcționalitate maximă ideală). Pentru pachetele analizate, valorile indicilor relativi de funcționalitate variază între 1,37 şi 86,30.

Au fost calculați şi indicii parțiali de funcționalitate, specifici unor grupe de pachete sau unor grupe de operațiuni sau funcții. Operațiunile individuale au fost grupate în următoarele 16 grupe (cu numărul de variabile sau operațiuni trecute între paranteze): tip de program (16); sistem de operare (6); structura de date (8); coordonate geografice (8); intrarea datelor (6); formatele de schimb ale datelor spațiale (51); gestiunea datelor (15); măsurări şi interogări (cereri) (7); calcul de zone tampon şi suprapuneri (8); funcții de analiză cartografică (9); funcții de analiză a suprafețelor sau arealelor (10); operațiuni specifice rețelelor (7); procesarea (geo)imaginilor digitale (17); editarea, prezența interfeței utilizator (13); afişarea (11); ieşiri hardcopy (14). Au fost calculați indicii parțiali de funcționalitate pentru fiecare grupă de operațiuni de mai sus. Unele pachete pot realiza 100% operațiunile unor grupe ca intrarea datelor, editarea, afişarea, analiza cartografică sau pe cele specifice rețelelor.

1.4.1.6 Rezultatele analizei funcționalității

Rezultatele analizei funcționalității arată ce grupe de operațiuni sunt comune sau unice. Tabelul 1.3 prezintă valorile indicilor de funcționalitate (în procente) pentru diferite grupe de operațiuni SIG. Aceste valori au fost calculate pentru trei cuartile, reprezentând 25%, 50% şi 75% din pachetele de programe SIG. Sunt date şi valorile minimă şi maximă. Multe operațiuni au fost identificate ca unicat.

O pătrime din pachetele analizate nu aveau funcții de calcul al zonelor tampon şi acoperire (suprapunere), analiză cartografică, analiză a suprafețelor, procesarea sau editarea imaginilor digitale. Jumătate din pachete nu puteau executa nici una din cele 10 operațiuni de analiză a suprafețelor sau operațiunile de procesare a imaginilor digitale. Unele operațiuni pot fi considerate ca obişnuite, ca de exemplu transformarea coordonatelor, măsurarea prin vizare pe imaginea afişată sau interogările. Interfața utilizator conține grupa cea mai comună de operațiuni, deoarece 75% din pachete permiteau cel puțin 4 din cele 13 funcțiuni corespunzătoare interfeței utilizator. Coloana care conține valorile maxime din tabelul 1.3 arată că existau pachete de programe care pot realiza fiecare operațiune din grupa specificată. Existau pachete de programe care pot rula cu fiecare structură de date din cele inventariate, fac orice transformare de coordonate, suportă orice periferic de intrare şi operațiunile de intrare a datelor, măsurarea prin vizarea pe imagine, calculul zonelor tampon şi acoperirea, analiza cartografică, operațiunile specifice rețelelor, de editare şi de afişare.

În general, în toate cazurile, indicele relativ total al funcționalității este cu mult mai mic decât se aştepta. Fiecare al patrulea pachet disponibil SIG putea realiza sub 17% din toate operațiunile inventariate, 50% din pachete puteau realiza 27% din operațiuni şi 75% din pachete puteau realiza circa 39% din operațiuni.

Indicele cel mai mare (86,3%) aparținea pachetului MGE, care a stat şi la baza programelor sistemului (cartografic) digital de producție al NIMA. Alte sisteme cunoscute (fig. 1.20), precum Arc/Info, GIS Advantage, TNTMIPS, GenaMap, CARIS, PAMAP şi GDS aveau în 1996 indicele de funcționalitate de circa 60%.

Mai existau pachete de programe cu unele funcții comune cu unele ale pachetelor de programe SIG, care pot fi folosite împreună sau în locul acestora, cum ar fi, de exemplu, Image Production and Processing (indicele 62,39), FACET (53,67) sau ER Mapper (49,54; ER Mapper, 1997). Având doar grupe particulare de operațiuni, precum procesarea imaginilor digitale, multe asemenea pachete sau sisteme de programe au totuşi valori mari ale indicelui de funcționalitate (de exemplu ER Mapper şi FACET).

Pachetele de programe bazate pe date raster folosesc structuri mai simple şi algoritmi specifici. Aceste pachete sunt mai ieftine decât cele pentru date vectoriale. Simplitatea sistemelor bazate pe date raster şi posibilitatea de a face cu acestea analize cartografice, analize ale suprafeţelor şi analize ale imaginilor conduc la faptul că nu există corelație între prețul pachetului de programe şi indicele spațial de funcționalitate calculat pentru grupele menționate de operațiuni. Caracteristicile specifice structurii de date raster conduc la concluzia că nu există corelație între posibilitatea de a realiza operațiunile de analiză a imaginii sau de analiză a suprafeței şi operațiunile de gestiune a datelor (numărul de SGBD asigurate). Similar, nu există corelație între funcțiile de analiză a imaginii specifice pachetelor bazate pe date raster şi funcțiile realizate cu rețele specifice structurilor de date vectoriale.

Prețul şi numărul de instalări nu depind semnificativ de funcționalitatea sistemului. Numărul mediu de instalări pentru cele 187 de pachete din anul 1996 a fost de 2086, această medie mare rezultând din marele număr de instalări pentru pachetele realizate de Intergraph şi MapInfo. Aşa cum se vede din figura 1.18, peste 78% din toate instalările de pachete SIG erau date de instalările a 6 pachete (Intergraph, Arc/Info, MapInfo, Filevision IV, IDRISI şi PC Arc/Info). Un sfert din pachetele SIG aveau sub 9 instalări, iar jumătate din pachete aveau sub 50% din instalări. Doar 25% din pachetele SIG aveau peste 300 de instalări (numărul estimat de utilizatori SIG este, de regulă, de 3-4 ori mai mare decât numărul de instalări). Cele de mai sus demonstrează, pe de o parte, cât de dificil este de a pătrunde pe piața SIG cu un nou pachet, iar pe de altă parte, că organizațiile româneşti, la procurarea şi instalarea unor pachete, nu au beneficiat de o analiză ştiințifică de tipul prezentului studiu.

Deoarece operațiunile de măsurare prin vizare pe imaginea afişată, interogare şi editare au devenit obişnuite, nu există corelație între numărul de instalări şi funcționalitatea parțială pentru aceste operațiuni. În mod surprinzător, nu există corelație nici între prețul unui pachet (sistem) şi interfața (pentru) utilizator sau posibilitatea de a folosi diferite SGBD.

Multe pachete (sisteme) de programe asemănătoare pachetelor SIG, despre care există informații în literatura de specialitate, aveau un număr semnificativ de mare de instalări. Cele mai multe instalările aveau AutoCAD (peste 1.500.000), ARCHIBUS/FM (15.000) şi EMU-Tek Five Plus (10.000).

Prețul pachetului este un alt factor important în alegerea şi evaluarea pachetulor de programe SIG. Multe pachete costau sub 100 dolari SUA şi multe erau livrate chiar gratuit, cu număr redus de funcții valide, mai ales de către mediile universitare sau de către unele organizații publice. Un sfert din pachetele SIG costau sub 1.000 dolari SUA pe pachet, jumătate sub 3.000 dolari SUA şi doar 25% costau peste 8.500 dolari SUA.

Tabelul 1.3 Statisticile ce descriu grupele principale ale operațiunilor SIG

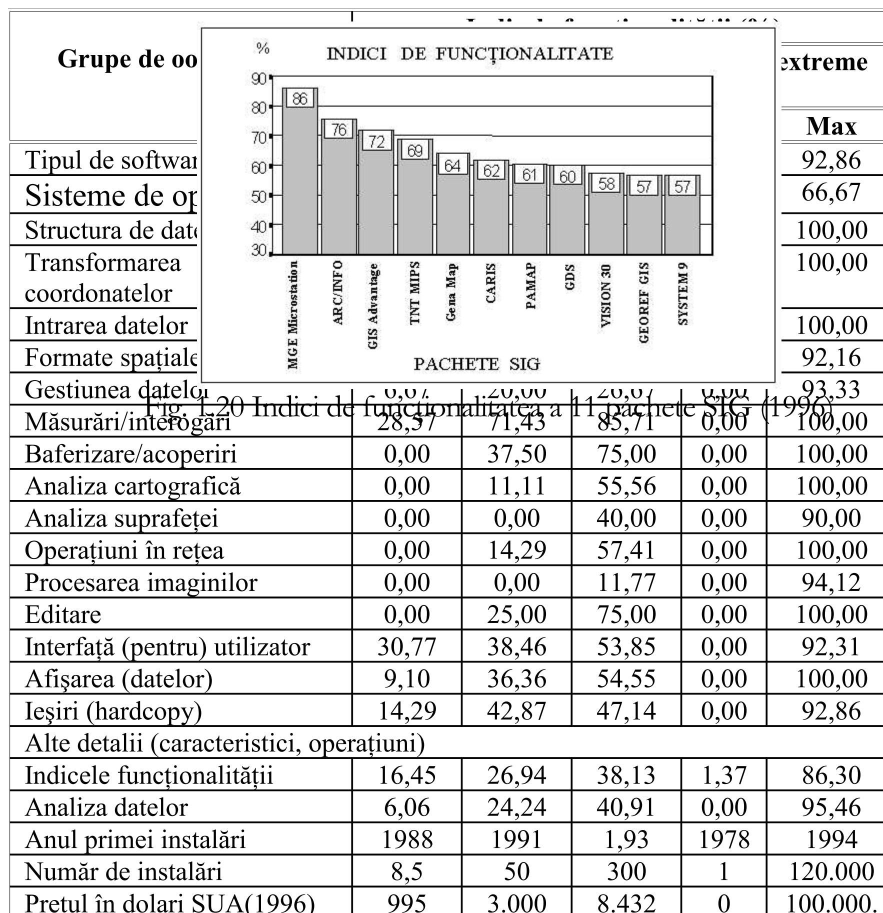


Fig. 1.20 Indici de funcționalitatea a 11 pachete SIG (1996)

Grupe de oo…				…extreme	
					Max
Tipul de softwa…	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	92,86
Sisteme de o…	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	66,67
Structura de dat…	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	100,00
Transformarea coordonatelor	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	100,00
Intrarea datelor	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	100,00
Formate spațiale	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	92,16
Gestiunea datelor	6,67	20,00	26,67	0,00	93,33
Măsurări/interogări	28,57	71,43	85,71	0,00	100,00
Baferizare/acoperiri	0,00	37,50	75,00	0,00	100,00
Analiza cartografică	0,00	11,11	55,56	0,00	100,00
Analiza suprafeței	0,00	0,00	40,00	0,00	90,00
Operațiuni în rețea	0,00	14,29	57,41	0,00	100,00
Procesarea imaginilor	0,00	0,00	11,77	0,00	94,12
Editare	0,00	25,00	75,00	0,00	100,00
Interfață (pentru) utilizator	30,77	38,46	53,85	0,00	92,31
Afişarea (datelor)	9,10	36,36	54,55	0,00	100,00
Ieşiri (hardcopy)	14,29	42,87	47,14	0,00	92,86
Alte detalii (caracteristici, operațiuni)					
Indicele funcționalității	16,45	26,94	38,13	1,37	86,30
Analiza datelor	6,06	24,24	40,91	0,00	95,46
Anul primei instalări	1988	1991	1,93	1978	1994
Număr de instalări	8,5	50	300	1	120.000
Prețul în dolari SUA(1996)	995	3.000	8.432	0	100.000.

Cele de mai sus demonstrează că prețul pachetului de programe este o problemă deosebită în realizarea SIG. În trecut, costul programelor era o parte semnificativă a costului întregului SIG. Tendința generală este să se ajungă la un număr mare de instalări la un preț cât mai mic.

Existau totuşi multe sisteme scumpe de programe, cu prețuri de peste 40.000 dolari (TELEGIS – 100.000, GEAMATE - 60.000, Application Development – 50.000, Road Net, Gradis GIS şi Alk-Giap de câte 40.000 fiecare, ultimul având indicele de funcționalitate doar de 7,14).

Multe pachete (sisteme) de programe cu funcții asemănătoare pachetelor SIG erau mult mai scumpe; de exemplu, SOFTPLOTTER (114.000 dolari), Maps 3D (59.000), T-M3s-TIGER (340.000) sau OrtoMax (35.000).

Figura 1.20 arată distribuția pachetelor de programe SIG după funcționalitate sau preț. Multe companii nu raportează prețul la funcționalitate, iar altele dau prețuri variabile, confidențiale, în funcție de modulele implementate. Pachetul MGE realizat de Intergraf avea cel mai mare indice de funcționalitate la un preț de numai 2.000 dolari SUA. Două grupe de pachete ar trebui identificate din figură. Prima grupă reprezintă pachetele cu funcționalitate ridicată şi cu preț redus.

Un raport mare indice de funcționalitate/preț îl avea Map Box (0,25% la un dolar), urmat de Mac GIS pentru Windows sau pentru DOS, IDRISI, EPPL. Alte pachete cunoscute

ocupau pozițiile următoare în această listă – GRASS (nr. 13), Arc View (nr. 21), Map Info (nr. 24). La polul opus erau situate pachetele cărora le corespundea un raport mic indice de funcționalitate/preț (sub 0,0005% pentru un dolar), reprezentate de Road Net, MISGEO, Alk-Giap sau TELEGIS. Alte sisteme cunoscute, clasificate ca pachete SIG de către firmele realizatoare, ocupau următoarele locuri cu cele mai mici valori ale raportului: FLY (PCI, nr. 17), Geolinens (nr. 20), EASI/PEACE (nr. 43). Dacă asemenea pachete nu realizează anumite operațiuni unice sau speciale, trebuie înlocuite cu altele mai ieftine.

Unele sisteme sau pachete de programe, în mod special FMS, erau de cele mai multe ori personalizate pentru cerințele specifice utilizatorului, inclusiv programarea unor proceduri, generarea de noi semne convenționale etc. Asemenea pachete erau mult mai scumpe şi erau instalate, de regulă, într-un număr limitat de locuri.

1.4.1.7 Similarități între pachetele de programe

Pentru continuarea analizei, pachetele de programe SIG se pot separa de alte pachete comune dar şi cu unele funcții specifice SIG. Acestea din urmă pot fi identificate folosind metode statistice, de exemplu determinării similarității (unui coeficient de similaritate).

Pentru aceasta se pot folosi două tipuri de date, date interval şi date binare. Datele interval constau din intervale ale indicilor relativi de funcționalitate pentru cele 16 grupe de operațiuni arătate mai sus. Fiecare pachet din cele 187 de pachete de programe SIG poate fi reprezentat printr-un punct într-un spațiu cu 16 dimensiuni, coordonatele fiind chiar indicii relativi de funcționalitate pentru fiecare grupă de operațiuni.

Coeficientul de corelație Pearson (Cressil, 1991) *d(X,Y)* se calculează cu formula (3.1), unde *Z* reprezintă indicii de funcționalitate pentru pachetele *X* şi *Y* pentru operațiunea i, iar N este numărul total al pachetelor de programe.

Pentru date binare, celor N=187 pachete de programe li se atribuie cele 218 variabile binare (numărul total al operațiunilor), rezultând un spațiu cu 218 dimensiuni. Pentru orice pereche de pachete poate fi stabilit un tabel de concordanță (tabelul 1.4).

Tabelul 1.4 Tabelul de concordanță a operațiunilor

		Sistemul X	
	Operațiunea considerată	Prezentă	Absentă
Sistemul Y	Prezentă	a	b
	Absentă	c	d

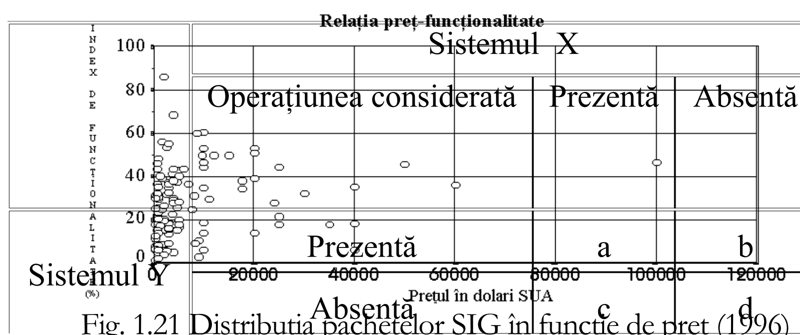


Fig. 1.21 Distribuția pachetelor SIG în funcție de preț (1996)

Cu valorile din tabel poate fi determinat coeficientul *d(X,Y)* al diferenței de formă sau de concordanță

$$d(X,Y) = \frac{bc}{(a+b+c+d)^2} \qquad (1.11)$$

Pasul următor este folosirea valorilor astfel calculate şi realizarea unei analize a grupelor pentru pachetele de programe SIG grupate într-un număr predefinit de clase. Figura 1.22 arată o dendrogramă cu 5 clase rezultată din clasificarea a 30 de programe cu cele mai

multe instalări. Pachetele de programe se împart în clase după valorile mărimilor determinate ca mai sus, respectiv după principiul popular “cine se aseamănă se adună”, respectiv pachetele unei clase au coeficientul de similaritate apropiat.

Rezultatul analizei grupării programelor din 1996 este următorul:

Clasa 1: MGE, ARC/INFO, GDS, GenaMap, PAMAP
Clasa a 2-a: MapInfo, ArcCAD, FMS, TRANSCAD, MacGIS, GIS Plus, MapGrafix GIS, SYSDEW, EPPL7, Map Box, Filevision IV, WINGIS, CABLECAD
Clasa a 3-a: Quick Surf, STATMAP 3 FOR WINDOW, ImageWorks, GeoManagement System, Field Notes, Road Net 5000, PCMAP
Clasa a 4-a: IDRISI, ERDAS IMAGINE, ILWIS, EASI/PACE
Clasa a 5-a: PC Arc/Info

1.4.1.8 Concluzii

Matricea completă a coeficienților de similaritate poate fi folosită pentru determinarea pachetelor apropiate ca funcționalitate unui pachet dat sau a pachetelor de programe alternative, care pot eventual să înlocuiască pachetul dat, dar pot fi procurate cu un preț mai mic.

În tabelul 1.5 sunt dați indicii de funcționalitate şi prețurile (care sunt deja neactuale, dar utile pentru studiul nostru) pentru pachetele cu peste 1.000 de instalări şi pentru primele 3 pachete alternative. Metodologia şi rezultatele prezentate îi ajută pe utilizatori şi chiar pe realizatori şi vânzători, chiar pe alți specialişti, să analizeze eficient funcționalitatea oricărui pachet de programe SIG sau cu funcții apropiate funcțiilor SIG.

1.5 Identificarea nevoilor de date geografice digitale (numerice)

1.5.1 Consultarea beneficiarilor

Procesul de consultare a beneficiarilor SIG vizează gradul de manifestarre a interesului acestora pentru produse noi şi cunoscute realizate cu sistemul informațional geografic şi a caracteristicilor calitative, cantitative, de vizualizare şi de utilizare a acestora în diferite scopuri. O listă a informațiilor produselor geodezice, topografice şi de teledetecție (celor mai solicitate dintre datele geografice), care pot fi diferențiate chiar şi pe sursele utilizate pentru culegerea datelor, este următoarea:

Date geodezice de bază
Date topografice de bază
Date topografice de detaliu
Utilizarea solului
Rețeaua rutieră interurbană
Rețeaua rutieră urbană
Rețeaua rutieră detaliată
Transportul general
Transportul de energie
Rețeaua hidrografică detaliată
Relieful (Hipsografia)
Modelul numeric altitudinal (date de tip grilă)

Modelul numeric al terenului (raster şi vectoriale)
Imaginea 3D a terenului (date raster)
Imagini pancromatice (date raster)
Imagini multispectrale (date raster)
……

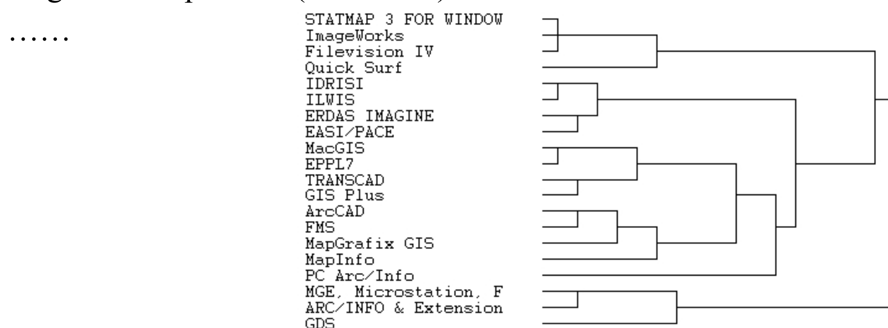


Fig. 1..22 Clasificarea a 30 pachete de programe SIG (1996)

1.5.1.1 Răspunsuri de la beneficiari

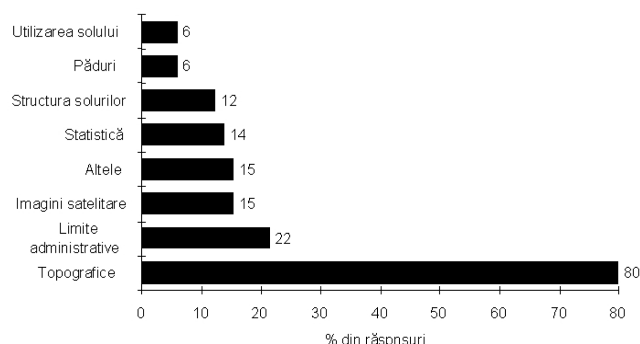


Fig. 1.23 Tipuri de date utilizate

Sondajul a fost făcut în particular de către un colectiv interdisciplinar în colaborare cu autorul, conform unei liste de 60 de utilizatori existenţi şi potenţiali, dintre care 31 au acceptat să participe. Dar dintre aceştia doar 22 (71%) au răspuns, specialişti din firme de stat şi particulare.

1.5.1.2 Rezultatele consultării

1.5.1.2.1 Domenii de aplicare şi utilizare a datelor

Aplicaţiile se situează în principal în sfera activităţilor legate de resursele naturale, amenajări, gestionarea mediului, transporturi, comunicaţii etc. Este interesant de remarcat că în 60% din cazuri datele sunt utilizate pentru analiza geografică şi doar 30% în scopuri directe de reprezentare (şi în primul caz rezultatele analizei sunt în majoritate reprezentate grafic sau cartografic). Utilizatorii au fost ajutaţi să înţeleagă procedurile care pot fi folosite pentru analiza geografică. S-a întocmit o listă a funcţiilor procedurilor celor mai utilizate pachete de programe de tip SIG sau ale altor pachete ce pot fi utilizate în SIG (de exemplu SURFER).

1.5.1.2.2 Tipuri şi surse de date utilizate

Au fost identificate 30 de tipuri diferite de date şi multe surse (mai ales pentru date tematice). Figurile 1.23 şi 1.24 arată distribuţia normalizată a tipurilor diferite de date şi a surselor de date.

1.5.1.2.3 Caracteristici cerute (dorite)

Când li se cere utilizatorilor să specifice caracteristicile pe care doresc să le aibe datele geografice numerice, mai ales cele topografice, apar în mod frecvent câteva. Cele mai frecvente sunt cele referite la structura geometrică (45%), la precizie (37%) şi la conținut (37%). În figura 1.25 sunt date unele caracteristici.

1.5.1.2.3.1 Structura geometrică a datelor

Utilizatorii doresc date integrate, neeronate ca precizie geometrică de poziție şi ca precizie tematică. Pentru conținut, nu trebuie să existe erori de identificare sau de codificare. Datele trebuie să fie structurate, entitățile să fie racordate, fără imperfecțiuni rezultate de la digitizarea cartografică sau fotogrammetrică etc. Este cvasiunanimă ideea că este necesară utilizarea unei clasificări corecte, bazate pe metode matematice, fără crearea de ambiguități.

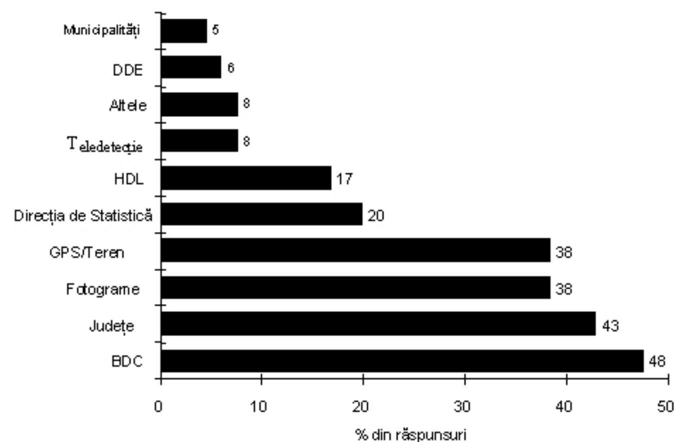
Aceasta este cheia înlăturării posibilităților de identificare sau de atribuire a codurilor. Toți utilizatorii sunt de acord cu recunoaşterea obiectelor prin intermediul vizării cu locatorul în câmpurile marcate cu semne convenționale ale ferestrelor, interfețe utilizator (de tip GUI).

Tabelul 1.5 Comparaţia pachetelor SIG cu peste 1 000 de instalări

Denumire a pache-tului	**Compania realizatoare**	**Numărul de instalări**	**Indicele de funcțio-nalitate**	**Prețul US$**	**Cele mai instalate 3 sisteme (indice de funcțio-nalitate; preț)**
MGE, Microstation, Framme	Intergraph Co.	120 000	86,30	2 000	MapX (5,.88,$2 495); ALLIANCE (55,25,$3 000); GEOREF GIS (56,62,$1 500)
MapInfo	MapInfo Co.	50 000	40,64	1 295	Atlas GIS for DOS (36,53,$495); Atlas GIS for Win.; (43,36,$495); ALLIANCE (55,25,$3 000)
Filevision IV	TSP Software	30 000	12,75	295	Flight Path (11,87,$99); EARTHBASE (17,81,$299); Iso Chrone (16,44,VM)
Arc/Info	ESRI	15 000	75,80	Variabil pe module (VM)	CARIS (62,10, VM); System 9 (56,62,VM); PAMAP (60,73,$10 000)
IDRISI	Clark University	10 000	46,12	640	GRASS (48,40,$995); ILWIS (51,14,VM); ALLIANCE (55,25,$3 000)
PC Arc/Info	ESRI	7 500	43,84	5 995	Integrated Gov. Mngmt. Sys. (30,14,$3 995); Nu Loc (19,18,$10 000); IMAGIS (18,72VM)
Quick Surf	Schreiber Instruments Inc.	5 000	14,16	995	Health & Safety (18,72,$3 000); Alk-Giap (18,26,$40 000); GEOFLIP (6,85,VM)
ERDAS IMAGINE	ERDAS, Inc.	3 800	53,42	10 000	EASI/PACE (49,77,$12 000): GRASS (48,40,$995); CARIS for Win. (42,01,VM)
ArcCAD	ESRI	2 500	38,36	3 995	TELEGIS (46,58,$100 000); FMS (32,38,$3 000); SPATIALIST (37,44,$4 500)
FMS	Facilities Mapping Systems, Inc.	2 000	32,88	3 000	ArcCAD (38,36,$3 995); MapGrafix (28,77,$4 995); SPATIALIST (37,44,$4 500)
STATMAP 3	GEOVISION	2 000	15,07	595	EARTHBASE (17,81,$299); GMS. (26,48,$2 000); MGIS (7,76,$750)
ILWIS	International Institute for Aerospace Survey	1 350	51,14	VM	IDRISI (46,12,$640); ALLIANCE (55,25,$3 000); GRASS (48,40,$995)
GDS	Graphic Data Syst. Co.	1 200	60,27	8 500	Smallworld GIS (52,05, VM); Ascodes-3 (51,14,$20 000); AXIS (50,23,$15 000)

1.5.1.2.3.2 Precizia datelor

Pentru a înţelege mai bine necesităţile, se poate zona domeniul geografic acoperit de SIG. Aceasta este o problemă de decizie importantă şi trebuie bine fundamentată, pentru a acoperi toate solicitările sau mai bine să fie stipulată precizia cea mai ridicată. De exemplu, pentru teritoriul naţional, pentru un SIG de acest nivel, pot fi stabilite precizii pentru cel puţin trei subdomenii – intravilan, rural şi montan (zone greu accesibile).



DDE-date digitale existente; HDL-harta digitală a lumii; BDC-baza de date cartografice

Fig. 1.24 Sursele de date utilizate (ce se vor utiliza)

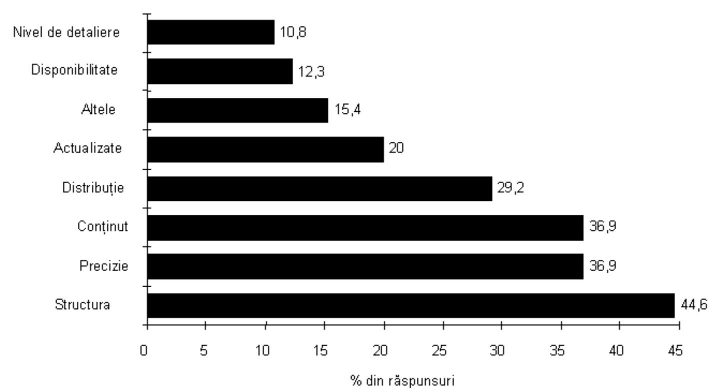


Fig. 1.25 Caracteristici solicitate

1.5.1.2.3.2.1 Precizia altimetrică

Rezultatele preciziei altimetrice minime solicitate de utilizatori pentru un eventual SIG național sunt materializate în figura 1.26. Pe figură se vede că precizia de 0,5 m pentru intravilan este cerută de 80% din utilizatori, dar care fac uneori confuzie între un SIG şi un sistem informațional al teritoriului pentru o zonă mai mică, dar cu o precizie mai mare. În zonele montane, o precizie de 10 m satisfac 60% din utilizatori.

Şi aici a fost necesară sensibilizarea utilizatorilor asupra motivației pentru precizia altimetrică. Cei mai familiarizați asupra motivației unei precizii altimetrice s-au dovedit a fi specialiştii din domeniile geodezic, transporturi, amenajarea mediului şi de telecomunicații.

Jumătate dintre specialişti au corelat precizia altimetrică cu precizia planimetrică. Unii specialişti s-au manifestat pentru neîmpărțirea preciziei în altimetrică şi planimetrică, influențați fiind de determinările cu sistemele GPS.

1.5.1.2.3.2.2 Precizia planimetrică

S-au idenfificat din partea specialiştilor unele valori minime ale preciziei planimetrice pentru diferite tipuri de entități. Dintre acestea cele mai riguroase valori pe zone au fost luate în considerație în final, pe subzone, ca şi mai sus.

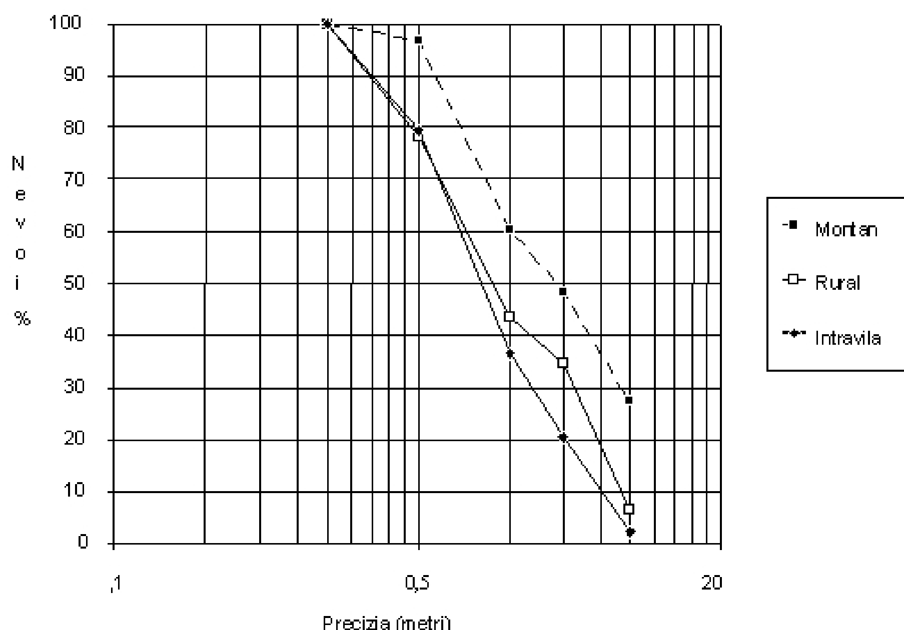


Fig 1.26 Precizia altimetrică

Rezultatele sunt date grafic în figura 1.27, din care se vede că 50% din necesități se referă la o precizie de 1 m, iar în zona montană 65% dintre utilizatori solicită o precizie de 50m (nu sunt incluse aici necesitățile ridicărilor topografice şi cadastrale, care sunt foarte riguroase, uneori superioare toleranțelor înscrise în instrucțiunile de ridicări topografice şi cadastrale). Doar 50% dintre utilizatori au corelat preciziile planimetrice cu dimensiunile minime ale obiectelor mediului înconjurător, respectiv reprezentate prin obiecte SIG (1.5.1.2.3.7).

1.5.1.2.3.3 Conținut

Utilizatorii au indicat, pentru fiecare set de informații (denumit aici produs), dacă acesta este foarte important, important sau neimportant pentru aplicațiile lor. Utilizatorii pot adăuga noi seturi de date

Figura 1.28 arată distribuția produselor propuse după popularitate (grad de cunoaştere). Se constată că fişierele cele mai cerute sunt cele care au fost create începând cu folosirea calculatoarelor în geografie, geodezie, geologie, statistică etc.

Pentru fiecare produs propus au fost indicate şi numerele de exemplare solicitate cu preponderență (esențiale) şi fără interes deosebit pentru aplicațiile lor. Figura 1.29 arată prioritatea entităților solicitate ca esențiale pentru cel puțin un produs propus sau informații (produse) în lista acestora. Rezultatele sunt arătate în figura 1.28

Şi aici gradul de încredere este legat de cunoaşterea de către utilizatori a modului de folosire a acestor produse. Este necesară o pregătire a acestor beneficiari din partea specialiştilor SIG. Expertul SIG devine o realitate în analiza cerințelor beneficiarilor, în proiectarea SIG şi în analiza geografică.

Figura 1.29 arată că majoritatea entităților solicitate frecvent sunt chiar cele ce există în unele baze de date deja realizate, respectiv cele care există şi în sistemul clasic, cel care nu implică folosirea calculatorului electronic pentru toate operațiunile. Printre primele 10 entități frecvent solicitate sunt limitele administrative şi toponimia. Actualmente acestea sunt puțin reprezentate în bazele de date. Peste 80% dintre utilizatori solicită ca toponimele să însoțească

datele lor, respectiv în cazul digital să se accepte soluția structurii de date pe obiecte (proprietatea de încapsulare).

De notat că peste 65% din cei interogați consideră toponimele ca esențiale pentru localități şi pentru ape (legate de limitele administrative), iar 95% le consideră necesare, fără a fi considerate esențiale.

1.5.1.2.3.4 Distribuția datelor

Utilizatorii doresc să obțină date gata de a fi utilizate direct, deci care să nu trebuiască a fi prelucrate sau să fie foarte puțin prelucrate, precizându-se:

formatul de citire/scriere;
suportul (media);
proiecția;
sistemul de referință;
simbologia;
domeniul (de definiție) geografic.
Datele sunt solicitate pe straturi tematice.

1.5.1.2.3.5 Ciclurile de actualizare

Utilizatorii solicită ca datele cele mai actualizate să fie cele referitoare la infrastructură, la drumuri şi la întreaga rețea de transport. Nu se solicită date actualizate pentru vegetație, hidrografie şi altimetrie, acest fapt fiind legat de gradul de cunoaştere. Pentru prima grupă de date s-a indicat un ciclu de actualizare de 10 ani în zonele rurale şi de 4 ani în zonele urbane, solicitate de peste 50% din utilizatori. Pentru al doilea grup de date, 50% din utilizatori indică 15 ani în zonele rurale şi de 6 ani în cele urbane.

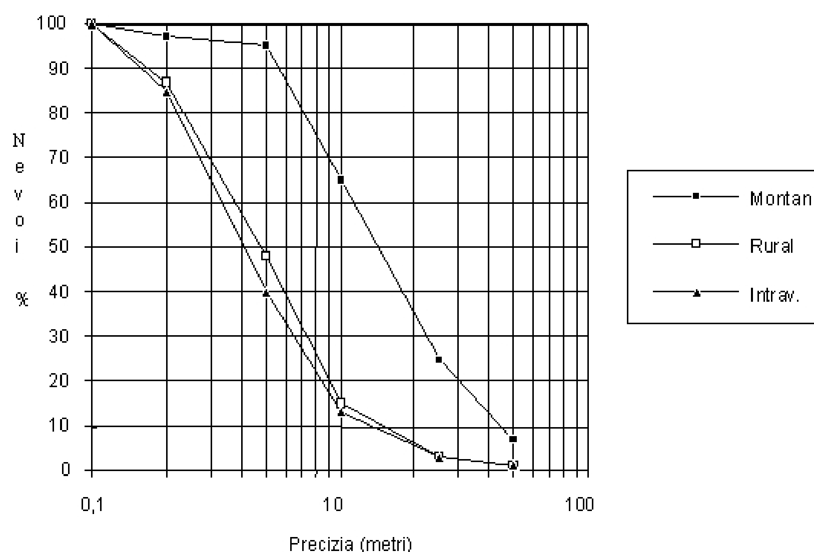


Fig. 1.27 Precizia planimetrică

1.5.1.2.3.6 Nivelul de detaliere

Nivelul de detaliere este indicat în funcție de scară. Acesta cuprinde reprezentarea geometrică folosită pentru vizualizarea unei entități, dimensiunile minime ale obiectului de la care se culeg datele, nivelul de generalizare utilizat. Utilizatorii au indicat un nivel de detaliere (scară) superior lui 1:20.000 pentru mediul urban şi inferior lui 1:50.000 pentru mediul rural. Nu se justifică mereu răspunsurile.

1.5.1.2.3.7 Dimensiuni minime

Conceptul dimensiunilor minime este cunoscut foarte bine de către cartografi şi garantează prezența obiectului ale cărui dimensiuni sunt superioare acestor dimensiuni minime. Când dimensiunile obiectului sunt mai mici, se poate reține obiectul dacă e de importanță mare, se poate generaliza sau se poate elimina. Din cei interogați, 75% preferă să conserve obiectele, chiar dacă sunt mai mici decât cele minime admise indicate de instrucțiunile de cartografiere. De regulă se ține seama de dimensiunile minime indicate în instrucțiunile pentru întocmirea hărților la scările 1:10.000, 1:25.000, 1:50.00 şi 1:100.000.

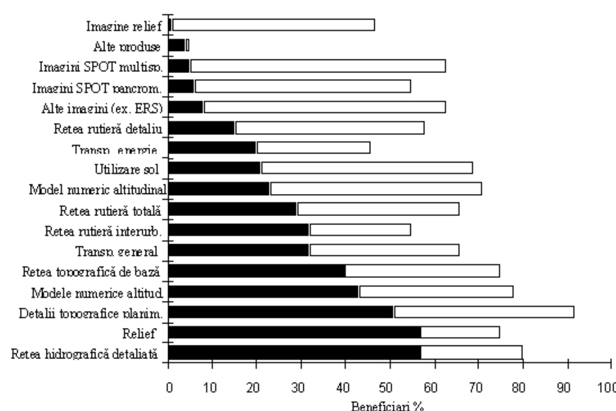


Fig. 1.28 Opțiunea pentru produsele propuse

1.5.1.2.3.8 Date auxiliare

Datele auxiliare descriu seturile de date şi precizia acestora (metadate).

Sunt solicitate metadate complete privind calitatea, validarea datelor, precizia datelor şi proveniența acestora. Cele mai multe dorințe au fost legate de precizia datelor, indicarea scării sursei şi sursele de date. Datele auxiliare sunt de preferat împreună cu fiecare obiect de date (principiul încapsulării din structura pe obiecte).

1.5.2. Concluzii

S-a cerut celor interogați să identifice activitățile asupra cărora să-şi îndrepte atenția (care să fie prioritare), înainte de a răspunde cerințelor lor. Rezultatele sunt prezentate în figura 1.31. Rezultatele arată că eforturile de realizare a SIG trebuie îndreptate spre acceptarea unui conținut care să răspundă cerințelor utilizatorilor şi pentru asigurarea unei precizii corespunzătoare. Utilizatorii doresc date fiabile şi cu un cost mic. Este necesară găsirea unor soluții fiabile şi precise şi în acest caz fotogrammetria şi teledetecția oferă noi posibilități de culegere a datelor. Noile surse, cele digitale, pot fi folosite cu succes în transferul datelor. Unii utilizatori solicită din aceste surse date tematice referitoare la diverse domenii de activitate.

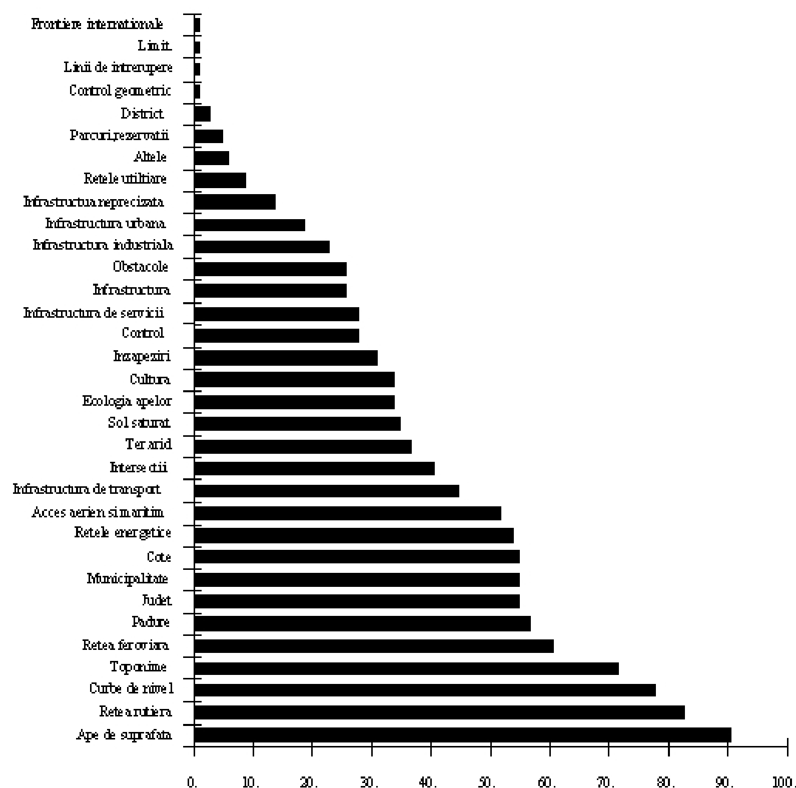


Fig. 1.29 Entități esențiale (% din utilizatori)

Metodologia de analiză a nevoilor utilizatorilor poate şi trebuie aplicată la solicitarea oricărui utilizator, având în vedere costul realizării sistemului. Trebuie avută în vedere în special culegerea datelor, care are costul cel mai mare. Cele mai multe date trebuie transferate din fişierele şi bazele de date existente în organizația deținătoare sau prin transfer de la alte organizații şi sisteme. Cei mai mulți utilizatori vor să procure datele de la organizații topogeodezice de nivel național.

1.6 Concluzii

Sistemele informaționale geografice trebuie să se dezvolte în cadrul larg al dezvoltării infrastructurii informaționale, fiind, după unii autori, componentă a acesteia, în cadrul "***economiei informațiilor şi a cunoaşterii***" SIG cuprinde, în accepțiune lărgită, fazele de la specificarea datelor de intrare până la deciziile de control asupra proceselor naturale,

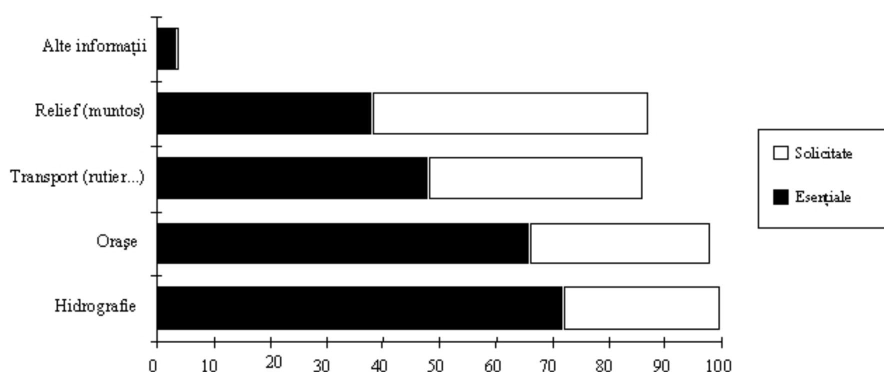


Fig. 1.30 Toponime solicitate (%)

economice sau sociale. Elementele unui SIG sunt grupate în *hardware, software, sursele şi colecțiile de date şi informați şi produsele ce le conțin, tehnologii* şi *personal.*

În conceperea, proiectarea, dezvoltarea, implementarea şi întreținerea unui SIG se

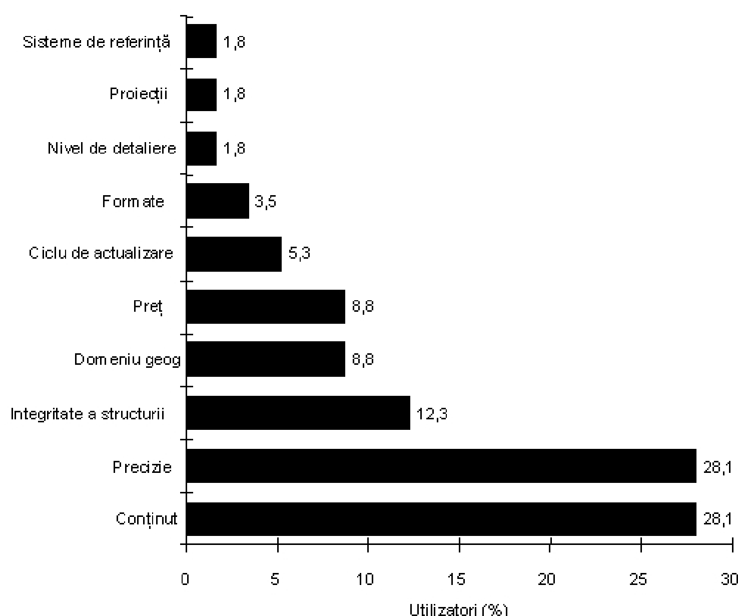


Fig. 1.31 Caracteristici prioritare indicate de cei interogați (%)

disting următoarele *faze generale*: specificarea datelor (definirea intrărilor); culegerea, transmiterea, memorarea, prelucrarea, structurarea, stocarea şi regăsirea datelor şi informațiilor; folosirea datelor şi informațiilor în activitățile decizionale şi de acțiune asupra mediului înconjurător. Avantajele folosirii SIG sunt numeroase, cel mai important fiind cel al folosirii acestuia ca suport pentru deciziile privind gestionarea şi acțiunea asupra mediului înconjurător. Exemplele date de sisteme sunt limitate de scopul lucrării. În anexa A sunt date funcțiile câtorva pachete de programe utilizate în SIG, foarte cunoscute de specialişti, care au fost analizate mai pe larg de autor. În ceea ce priveşte analiza geografică, au fost analizate câteva metode de analiză importante atât pentru utilizatorii geografi, dar şi pentru beneficiarii finali ai datelor geografice (clasificarea spațială, detectarea eşantioanelor spațiale, analiza spațială fuzzy, detectarea şi modelarea relațiilor spațiale, modelarea prin regularizare, recunoaşterea spațială a formelor, adăugarea de valori noilor atribute prin geoprocesare etc.). Analiza geografică se realizează cu proceduri software, utilizându-se atât programele SIG, cât şi alte pachete de programe, de exemplu cele de analiză statistică. Au fost descrise apoi funcționalitatea unor pachete SIG cunoscute (ARC/INFO, IMAGINE şi Autodesk World) şi integrarea SIG şi a pachetelor (sistemelor) de programe de analiză spațială.

Operații precum clasificarea, interpolarea, determinarea drumului optim etc. trebuie analizate cu atenție şi fundamentate ştiințific în cadrul unui proiect de SIG. Cele de mai sus trebuie combinate cu operațiile de cartografiere, deoarece formele finale de prezentare a rezultatelor SIG sunt tot harta, spațioharta, fotoharta sau cartograma.

Structurile de date constituie o altă problemă importantă a SIG. Pentru aplicații restrânse, cu programe simple şi cu tipuri limitate de date se folosesc masivele, specifice programelor în limbaje avansate, structuri omogene şi contigue, unidimensionale, bidimebsionale sau multidimensionale. Pentru gestionarea unor primitive grafice de tip punctual, liniar sau areal se pot folosi structuri de date necontigue, de tip listă, stivă sau coadă.

Datele vectoriale, de tip grilă şi de tip raster pot fi organizate în structuri arborescente, atât în memoria internă, cât şi în memoria externă. Bazele de date relaţionale folosesc toate operaţiile structurilor de mai sus.

Structurile de date topologice permit realizarea unor operaţiuni spaţiale care se folosesc în analiza SIG, ca de exemplu generarea zonelor tampon, suprapunerea poligonală şi combinarea elementelor grafice. Aceste structuri sunt cele mai utilizate în prezent de către pachetele de programe SIG (Arc/Info, MGE etc.).

Concepţia SDOO crează noi posibilităţi de dezvoltare şi aplicare a SIG, implicând şi alegerea unui LPOO, pentru implementarea acestei concepţii. În alegerea acestei concepţii trebuie să se ţină seama mai ales de folosirea unor identificatori unici ai obiectelor.

Alegerea unei anumite structuri a datelor geografice se face după mai multe criterii (volumul datelor, tipurile datelor, complexitatea aplicaţiilor, tipurile de algoritmi, utilizarea şi a datelor, programelor şi aplicaţiilor deja existente, timpului de acces etc.). Într-o structură topologică, datele referitoare la structura de graf reprezintă aproape jumătate din totalitatea datelor şi, bineînţeles, cantitatea totală de date creşte proporţional cu mărirea domeniului geografic spaţial al datelor (aria zonei) şi cu mărirea rezoluţiei spaţiale a datelor vectoriale sau raster. Referitor la gradul de integrare a diferitelor nivele tematice, complexitatea structurii creşte cu numărul de nivele tematice.

La realizările de software, de tehnologii şi aplicaţii SIG urmează a se adăuga noi module. Un rol important în structurarea, organizarea şi culegerea datelor tematice îl au datele de poziţie, tehnicile de poziţionare, metodele de măsurare în teren sau pe fotograme, hărţi şi înregistrări digitale şi metodele de măsurare şi de prelucrare a datelor de poziţie.

Ca atare, o atenţie deosebită trebuie acordată:

-cerinţelor proiectelor şi produselor finale;

-sistemelor de coordonate şi sistemelor de poziţionare globală;

-utilizării metodelor fotogrammetrice pentru asigurarea unui timp scurt şi a unui randament ridicat de culegere, validare şi prelucrare a datelor;

-tehnicilor de conversie a geoimaginilor analogice;

-tehnicilor de asamblare a bazelor de date, având în vedere relaţionarea în primul rând a datelor de poziţie şi apoi a datelor tematice etc;

-utilizării site-urilor de date geografice din reţeaua Internet;

-diversificării produselor finale ale SIG.

Pachetele de programe SIG se dezvoltă permanent. Apar noi pachete, iar altele deja nu se mai folosesc Pe piaţa pachetelor de programe SIG există deja sute de pachete. Fiecare pachet poate fi caracterizat prin atribute (caracteristici) funcţionale. Între pachetele de programe se pot găsi similarităţi, luând în consideraţie mai mulţi factori. Similaritatea pachetelor de programe se poate exprima printr-o matrice a coeficienţilor de similaritate, respectiv cu distanţele multidimensionale (normele) dintre pachetele comparate. Conform cerinţelor unui anumit utilizator, metodologia descrisă mai sus permite alegerea unei grupe de programe similare ce corespund cerinţelor stabilite sau care pot fi completate uşor cu noi proceduri.

Matricea completă a coeficienţilor de similaritate, de fapt a distanţelor sau mai corect a normelor, poate fi folosită, de exemplu, pentru determinarea pachetelor similare (apropiate ca funcţionalitate) unui pachet dat, respectiv pentru determinarea pachetelor de programe alternative, care pot eventual să înlocuiască pachetul dat, dar pot fi procurate cu un preţ mai mic.

Clasificarea dendritică a pachetelor de programe dă posibilitatea atât utilizatorilor, cât şi altor specialişti (cadre didactice, cercetători etc.) să propună în cadrul infrastructurii pachete de programe care să satisfacă cerințele impuse.

Cele două metodologii, de alegere a pachetelor de programe şi de cuantificare a necesităților utilizatorilor pot fi combinate, cu observația că în lucrare necesitățile s-au limitat mai mult la date şi informații şi la carascteristicile acestora.

Rezultatele prezentate în figura 1.28 arată că eforturile de realizare a SIG trebuie îndreptate spre acceptarea unui conținut care să răspundă cerințelor utilizatorilor şi pentru asigurarea unei precizii corespunzătoare.

CAPITOLUL II DEZVOLTĂRI ÎN FOTOGRAMETRIE, TELEDETECȚIE ŞI CARTOGRAFIE

2.1 Dezvoltarea concepției de geoimagini

2.1.1 Geoimagini şi geoiconică

O geoimagine (georeprezentare) este orice model spațio-temporal generalizat al obiectelor şi al proceselor terestre care are o scară şi este reprezentat în formă grafică (Nițu, C., 1992). Prin definiția de mai sus sunt subliniate toate proprietățile comune oricăror geoimagini – scara, generalizarea şi prezența elementelor grafice (semne, paternuri sau forme). Se disting în mod curent trei clase de geoimagini: (1) plane sau 2D (şi 2,5D) – hărți, hărți electronice, imagini de teledetecție, imagini TV, fotograme etc.; (2) imagini volumetrice sau 3D – stereograme, stereomodele, anaglife, diagrame (blocdiagrame), holograme etc.; (3) imagini dinamice 3D sau 4D – animații, filme, atlase mobile etc. În fiecare din aceste clase există produse foarte diferite, cu conținut diferit, cu forme de reprezentare diverse, dar cu unele caracteristici comune. Unele produse complexe rezultă din combinarea produselor primare. Exemple de produse complexe sunt fotohărțile, ortofotohărțile, iconohărțile etc.

Folosirea diferitelor geoimagini în mediul SIG, ca surse şi ca produse finale, necesită studierea avantajelor şi proceselor de realizare rapidă, precum şi a posibilității folosirii combinate şi a tehnicilor de obținere a informațiilor calitative şi cantitative.

Este favorizată apariția unei noi ştiințe, geoiconica, drept o disciplină sintetică ce reprezintă teoria imaginilor şi metodelor de analiză, transformare, percepere şi aplicare a lor în scopuri ştiințifice şi practice. Geoiconica este privită ca o disciplină care leagă cartografia, fotogrammetria, teledetecția şi grafica cu calculatorul (fig. 2.1). Disciplina geoiconică se va structura pe trei ramuri de bază: (1) teoria geoimaginilor; (2) crearea, proiectarea şi recunoaşterea geoimaginilor; (3) interpretarea geoimaginilor (geoiconică aplicată).

Cu toate că în prezent geoiconica pare să fie un supersistem, totuşi dialectica dezvoltării sale şi suportul puternic al disciplinelor cartografice fac ca în viitor geoicanica să fie un sistem nou, integrat, al cartografiei, fotogrammetriei, teledetecției şi SIG.

Diagrama din figura 2.2 arată concepția geoimaginilor, tranziția acestora de la o categorie la alta, dar nu poate oferi o imagine completă, exhaustivă, a tuturor tipurilor de geoimagini, caracteristici şi transformări dintr-o formă în alta. Petalele din figură pot fi completate cu noi tipuri de geoimagini. Desenul nu este decât un model al sistemului de geoimagini. La transformarea hărții în imagini, de exemplu, caracterul simbolic este diminuat, pe când proprietatea de reproducere se accentuează. Cu săgeți sunt arătate sensurile de transformare dintr-un tip în altul, în exteriorul figurii. Transformările posibile şi caracteristicile sunt scrise tot în exterior, în partea dreaptă fiind explicate prescurtările folosite. Spre bloc-diagramă proprietatea de reproducere descreşte, crescând în schimb dimensionalitatea. Sectorul “hărți-filme” este caracterizat de o creştere a proprietății de dinamism a reprezentării geoiconice (cartografice), prin hărțile şi animațiile electronice etc.

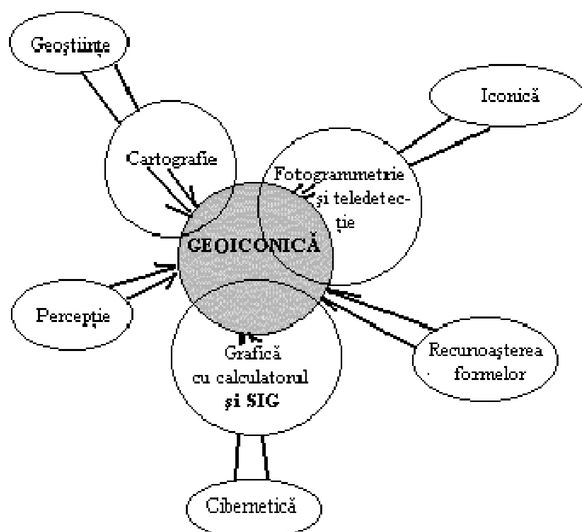


Fig. 2.1 Geoiconica şi SIG în sistemul disciplinelor ştiinţifice

2.1.2 Sistemul geoimaginilor

Toate geoimaginile există în mediul grafic, înţeles ca orice sistem de vizualizare şi modelare a unui sistem natural sau social-economic, sugerat a fi perceput de către un periferic inteligent. Mediul grafic este caracterizat de următoarele proprietăţi: tetradimensionalitatea, care permite reproducerea situaţiilor în timp şi în spaţiu; folosirea variabilelor grafice geometrice, optice şi temporale; abilitatea de a reflecta obiecte reale şi abstracte; interactivitatea sau lucrul supervizat, care asigură cooperarea optimă între om şi mijloacele de vizualizare. S-au remarcat următoarele tipuri de medii grafice în care există sisteme de geoimagini: *mediu grafic fix (staţionar),* care cuprinde hărţile tradiţionale, clasice, fotogramele şi alte geoimagini pe suport material tare; *mediu grafic controlat de program,* un sistem de vizualizare pe baza programului şi mijloacelor tehnice pentru grafica asistată de calculator (grafica computerizată); *mediu grafic mental (imaginar),* în care au fost formulate hărţi şi forme mentale şi cognitive.

2.1.3 Hipergeoimagini

Partea centrală a figurii este hipergeoimaginea, modelul complex al geoimaginii. În acest fel este generalizată noţiunea comună de geoimagine. Majoritatea produselor SIG pot fi considerate ca hipergeoimagini (fotohărţile în fals-color, imaginile dinamice etc.). Se poate chiar vorbi de vizualizarea monoiconică, multiiconică sau hipericonică, ceea ce nu se putea decât imagina pentru spaţiile 4D, 5D, …, nD. Obiectele sunt reprezentate în acest caz prin mijloace care combină diferite variabile grafice şi proprietăţile diverselor geoimagini.

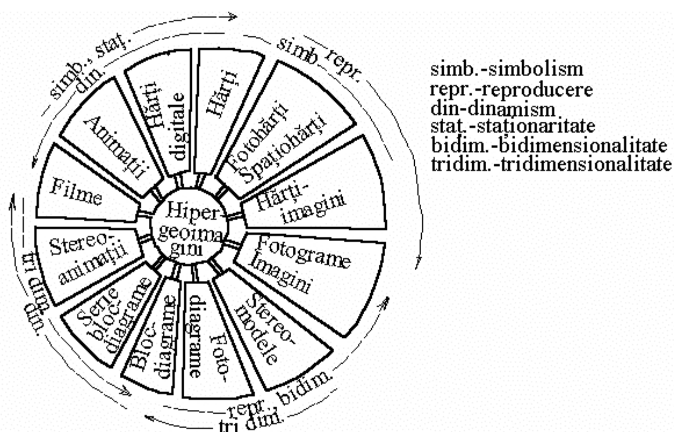


Fig. 2.2 Sistemul geoimaginilor

2.1.4. Geoiconometria

Privind geoiconica drept o disciplină a geoimaginilor, pare rezonabil să se diferenţieze geoiconometria, ca fiind cea care studiază teoria generală, metodele şi procedeele de măsurare corespunzătoare geoimaginilor. Se pot distinge trei ramuri de discipline metrice: *geoplanimetria* (măsurarea imaginilor 2D); *geostereometria,* pentru imaginile 2D şi 2,5D; *geocronometria,* pentru măsurarea imaginilor dinamice 3D şi 4D. Pentru fiecare din cele trei ramuri există deosebiri şi în ceea ce priveşte structurile bazelor de date şi procedurile implementate în cadrul SIG. Acestea trebuie avute în vedere atât la definirea şi utilizarea

geoimaginilor ca surse de culegere a datelor, cât şi la definirea şi realizarea acestora ca produse finale ale SIG. În literatura nordamericană, în special în cea canadiană, se foloseşte noţiunea de geomatică, ce se defineşte ca o disciplină integratoare a geodeziei, topografiei, fotogrammetriei, teledetecţiei etc., după unii autori şi a SIG (Taylor, 1992).

2.2 Dezvoltări şi perspective în fotogrammetrie şi teledetecţie

Dezvoltarea actuală a fotogrammetriei şi teledetecţiei este caracterizată prin transformări de substanţă, atât în ceea ce priveşte procedurile de culegere şi prelucrare a datelor şi informaţiilor, cât şi în ceea ce priveşte definirea şi realizarea produselor finale, deci analizând geoimaginile fotogrammetrice şi de teledetecţie atât ca surse, cât şi ca produse. Cele de mai sus au fost reliefate mai ales la congresele internaţionale ale ISPRS, din 1996 (Viena) şi din 2000 (Amsterdam).

2.2.1 Dezvoltarea sistemelor de obţinere a geoimaginilor sursă

Folosirea avionului fotogrammetric continuă cu succes şi în prezent. O dată cu lansarea primilor sateliţi artificiali ai pământului şi a navetelor spaţiale, s-a deschis o nouă eră în dezvoltarea geoştiinţelor, în special în fotogrammetrie, teledetecţie, cartografie şi SIG.

Sistemele satelitare s-au diferenţiat de la început în: sisteme de recunoaştere; sisteme meteorologice; sisteme pentru studiul resurselor terestre; sisteme de sateliţi comerciali.

2.2.1.1 Avioane fotogrammetrice

Avioanele fotogrammetrice sunt performante, pot zbura de la înălţimi de sute de metri până la înălţimi de 20-30 de kilometri. La înălţimile mici se folosesc cu succes şi elicopterele specializate. Pe avioane sunt montate sisteme complexe de camere fotogrammetrice, cu obiective practic fără distorsiuni, cu rezoluţii superioare, de până la 160-200 linii/mm. La majoritatea camerelor se înregistrează şi imaginea unei grile, care permite ulterior corectarea precisă a deformării filmului în tot câmpul fotogramei (Răducanu şi Spatariu, 1992). Camerele moderne au până la 10 microprocesoare. Există de asemenea subsisteme care înregistrează coordonatele centrului de perspectivă (receptoare GPS), înălţimea de zbor deasupra solului, parametrii atmosferei etc. Pentru scopuri de recunoaştere au apărut noi versiuni ale avioanelor fără pilot. În afară de înregistrarea pe film, au apărut şi camerele digitale, produsul obţinut fiind geoimaginea digitală (numerică). Pe unele avioane pot fi montate şi alţi captori sensori de teledetecţie. Principiul funcţionării unui captor sensor radar este arătat în figura 2.3.

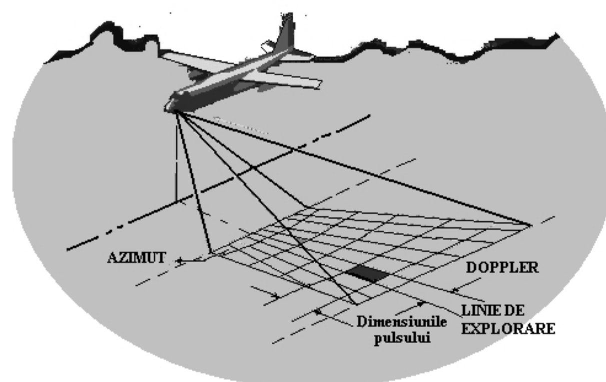


Fig. 2.3 Principiul înregistrărilor radar

2.2.1.2 Sateliții de recunoaștere

Dintre programele cunoscute se rețin:

- programul CORONA (S.U.A), cu camere panoramice (KH-1 în 1960, KH-2 în 1961, KH-5 sau ARGON în 1962), imaginile fiind în prezent comercializate fără restricții;
- programul ZENIT (fosta U.R.S.S.), cu camere fotogrammetrice cu distanța focală de 1 m, format 30x30 cm, cu rezoluția de 2m a imaginii de 13x13 km, comercializate fiind imaginile chiar de către firme din țările occidentale;
- programul american bazat pe sateliții KH-11 (lansat de pe naveta Columbia în 1986) şi AFP-731 sau KH-12 (lansat de pe Atlantis), cu misiuni de supraveghere electronică, observarea şi cercetarea unor zone ale globului;
- programul cu sateliți din seria COSMOS (fosta U.R.S.S., acum de Rusia), sateliți cu orbite circulare sau eliptice (170 km la perigeu şi 400 km la apogeu), cu camere K200 sau KFA1000;
- programele cu navele SOYUZ şi SALIUT, cu camere MKF6 şi K140:
- programul HELIOS (lansat de Franța în 1990), cu imagini cu bandă la sol de 10 km, cu rezoluție de 3 m;
- programul inițiat de China în 1985, bazat pe camere panoramice cu rezoluția de 10 m;
- programul inițiat de Rusia în 1990, bazat pe utilizarea camerelor KFA3000 cu rezoluție de 0,7 – 1,5 m etc.

Sateliții acestei grupe se mai împart de către unii autori în subgrupele "de identificare" (cu rezoluție decimetrică) şi "de cercetare" (cu rezoluție decametrică şi metrică).

2.2.1.3 Sateliți pentru studiul resurselor terestre

În anul 1972, NASA a inițiat primul program de achiziționare a geoimaginilor (datelor) satelitare de teledetecție. Sateliții LANDSAT sunt de mai multe tipuri. Primii doi au fost denumiți prescurtat ERTS (altitudine 900 km, cu scaner optico-mecanic MSS, trei camere RBV). Începând din 1972 au fost lansați mai mulți sateliți. Satelitul LANDSAT 6 are un scaner pancromatic cu rezoluția de 15 m, un scaner îmbunătățit TM (Thematic Mapper), cu 7 benzi şi rezoluția de 30 m, un scaner similar celui al sateliților NOAA AVHRR, cu rezoluții de 1,13 km şi 4,5 km şi cu 8 benzi spectrale.

La 15 aprilie 1999 a fost lansat satelitul Landsat 7, fiind funcțional din iulie, acelaşi an. După un an de funcționare, Landsat 7 a înregistrat peste 90.000 de imagini, ce acoperă de mai multe ori cea mai mare suprafață a pământului. La interval de 16 zile este înregistrată aceeaşi zonă geografică. Landsat 7 culege şi încarcă zilnic 250 de imagini (scene) ce sunt arhivate la Centrul de date EROS şi câte 200 de scene suplimentare unice la alte 12 stații de recepție dispuse pe glob.

Datele LANDSAT MSS sunt culese pe fâşii cu lățimea de 180-185 km, de la înălțimea de 705 km. Rezoluția spațială primară a datelor MSS este de 57mX79m (IFOV 79mX79m). O imagine conține 2.340 rânduri şi 3.240 coloane. Rezoluția radiometrică este de 7 biți, dar înregistrarea se face pe 8 biți. Înregistrarea se face în 4 benzi spectrale, benzile 1 şi 2 fiind în domeniul vizibil, iar benzile 3 şi 4 în infraroşu apropiat (verde 0,50-0,60μ, roşu 0,60-0,70μ, infraroşu 0,70-0,80μ şi 0,80-1,10μ). Scanerul TM înregistrează radiațiile electromagnetice în vizibil, infraroşu apropiat, infraroşu mediu şi infraroşu termic. Dimensiunile scenei şi rezoluția spațială sunt aceleaşi ca mai sus. Pentru banda 6 rezoluția este 120mX120m. Benzile 1, 2 şi 3 sunt în domeniul vizibil (albastru 0,45-0,52μ, verde 0,52-0,60μ şi roşu 0,63-0,69μ), benzile 4, 5 şi 7 sunt în infraroşu apropiat (0,76-0,90μ şi 1,55-1,74μ), infraroşu mediu (2,00-0,90μ) şi infraroşu termic (10,40-12,50μ). Pot fi făcute combinații ale datelor acestor benzi

pentru diferite scopuri. Combinarea benzilor 3, 2 şi 1 (RGB) crează imaginea în culorile reale, cea a benzilor 5, 4 şi 3 crează o imagine falscolor. Datele memorate pe suport magnetic pot fi citite cu proceduri dedicate (de exemplu cu procedurile sau modulele AUTOLOAD şi LODATA în programele ERDAS). În figura 2.4 este arătat principiul obţinerii înregistrărilor cu scanerul multispectral.

Programul spaţial european începe cu lansarea sateliţilor SPOT în cadrul programului francez de teledetecţie (SPOT 1 în 1986, SPOT 2 în 1990, SPOT 3 în 1993, SPOT 4 în 1997 şi SPOT 5 în 1999 etc.). Sunt lansaţi de către CNES (Comitetul Naţional de Studii Spaţiale) şi operează în domeniile multispectral şi pancromatic, cu rezoluţiile spaţiale de 20m, respectiv

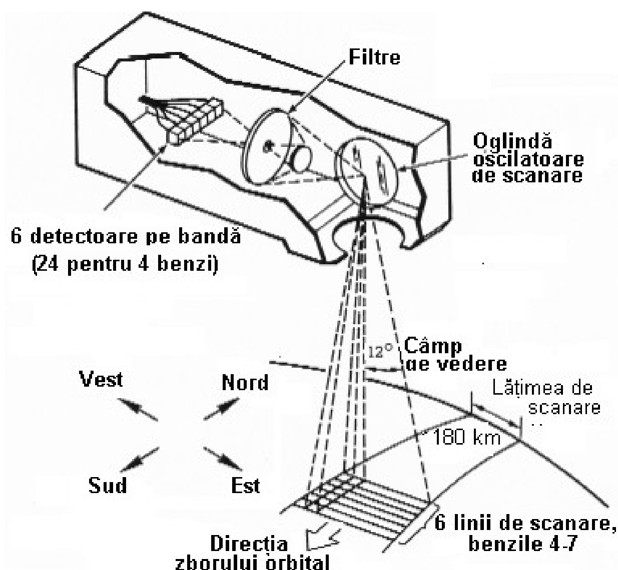


Figura nr. 2.4 Obţinerea înregistrărilor multispectrale LANDSAT

10m. Satelitul SPOT poate baleia aceeaşi zonă la un interval de 26 de zile, realizând imagini nadirale, dar şi înclinate (în acest caz se repetă baleierea la 3 zile), cu lăţimea de 60 km, respectiv 80 km, de la înălţimea de 832 km.

Datele pancromatice sunt în domeniul 0,51-0,73μ, iar cele multispectrale sunt în 3 benzi – verde 0,50-0,59μ, roşu 0,61-0,68μ şi infraroşu apropiat 0,79-0,89μ, ambele tipuri cu rezoluţia radiometrică de 8 biţi (256 nivele). De observat că pentru datele pancromatice din înregistrări succesive acoperirea permite obţinerea geoimaginilor stereoscopice.

Administraţia Naţională a Oceanelor şi Atmosferei din S.U.A (NOAA) gestionează exploatarea unor sateliţi cu orbite polare, proiectaţi iniţial pentru aplicaţii meteorologice, dar utilizate ulterior în mai multe scopuri. Primul satelit a fost TIROS N, lansat în 1978, iar ulterior s-au mai lansat încă 5, doar ultimii 2 fiind încă activi. Datele AVHRR acoperă uneori o ţară întreagă. Lăţimea benzii imaginii este de 2.850 km pentru datele de înaltă rezoluţie (1,1 km x 1,1km – geoimagini LAC) şi de 4.000 km pentru cele de joasă rezoluţie (4 km x 4 km – geoimagini GAC). Datele sunt culese la un interval de timp de 14,5 zile pentru aceeaşi zonă, în 4 sau 5 benzi spectrale (banda 1 în vizibil – verde 0,58-0,68μ, banda 2 în infraroşu apropiat 0,725-1,10μ, banda 3 în infraroşu 0,55-0,93μ, banda 4 şi banda 5 în infraroşu termic 10,50-11,50μ şi 11,50-12,50μ). Datele au o rezoluţie radiometrică de 10 biţi (1.024 de nivele). Primul satelit ERS a fost lansat de ESA în 1991. Are la bord un radar cu deschidere sintetică (SAR) ce operează în mod imagine (5 km X 5 km) şi subsistemele WS (pentru măsurarea vitezei şi direcţiei vântului), RA (măsurarea altitudinii), ATRS (măsoară temperatura şi

umiditstea atmosferei), PRARE şi LRR (determină poziţia satelitului în spaţiul terestru, ultimul folosind staţii terestre) etc.

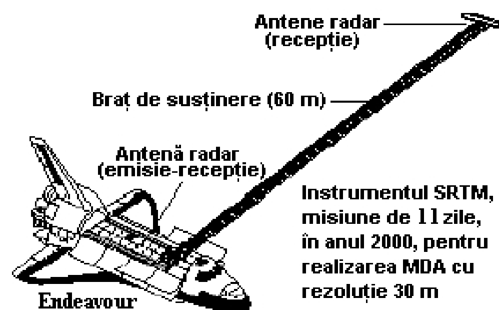


Fig. 2.5 Principiul de înregistrare pe nava Endeavour

În ianuarie 2000 soseşte în Florida echipajul de şase astronauţi al navei Endeavour. Nava spaţială Endeavour a aterizat la centrul spaţial Kennedy pe 22 februarie 2000, după un zbor de 11 zile, cu o misiune de cartografiere "tridimensională" (stereoscopică) a întregului glob, realizată cu ajutorul sensorilor radar. A fost primul zbor spaţial cu oameni la bord care a realizat astfel de determinări. Datele înregistrate sunt rezultatul a peste 222 de ore de înregistrare şi au un volum de circa 20.000 de discuri (CD). În figura 2.5 este dată dispunerea celor doi sensori pentru realizarea înregistrărilor stereoscopice.

Câteva caracteristici pentru programele de mai sus şi alte programe cunoscute sunt date în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1 Sisteme satelitare operaţionale

Ţara	**Progra-mul**	**Senzorul**	**Nr. de benzi Spec-trale**	**Banda la sol baleiată**	**Rezolu-ţia spaţială**	**Anul de lansare**	**Posibi-lităţi stereo-scopice**
S.U.A.	NOAA 12, 14 Landsat 5	AVHRR TM	5 7	2400km 185km	1,1km 28m V,IR 120m IRt	1991 1985	Nu Nu
Franţa	SPOT-4	HRV	1pan,3xs	60km	10m,20m	1997	Da[1)]
ESA	ERS-1,2,3	SAR	2(C,W)	100km	25m	1991-1998	Da[2)]
Japonia	JERS-1	OPS SAR	7 banda 1	75km	18m	1992	Da[3)]
India	JRS-1A JRS-1B JRS-1C	LISS 1 LISS 2 LISS 3 WIFS	4 4 4	148km 148km 774km	73m,24m 36m 5,8m 188m	1988 1991 1996	Nu Da[1)]
Canada	Radarsat	SAR	1(C)	50-500km	10-50m	1996	Da[2)]
R.F.G.	MOMS D2	Stereo MOMS	7	37km 78km	4,5m pan 13.5m	1996	Da
Rusia	RESURS 1-3 MIR Okean	KFA1000 MK4 KATE200 KWR100 MSU-SK	2 MS Pan MS		5m 7,5m 20m 2m 15m	1989 1994	

[1)]cu orbita vecină; [2)]interferommetrie radar; [3)]faţă-spate cu bază mică

2.2.1.4 Sateliții comerciali

După anul 1995 a început pregătirea programelor spațiale ale unor organisme neguvernamentale, respectiv ale unor companii sau societăți comerciale private, pe lângă continuarea unor programe guvernamentale. În continuare sunt date câteva caracteristici ale acestor sateliți.

Satelitul ***Early Bird*** (gestionat de EARTHWACH) are un sensor bidimensional DCS pentru obținerea geoimaginilor pancromatice şi multispectrale. Este construit de mai multe companii, a fost lansat în 1996. Geoimaginile au rezoluțiile spațiale de 3m (pancromatic) şi 15m (multispectral). Rezoluția temporală este de 1,5-3 zile. Rezoluția spațială este îmbunătățită pentru satelitul ***Quick Bird*** (1m şi 4m) lansat de aceeaşi companie tot în 1996. În anul 1997 a fost lansat ***OrbView-1*** (ORBITAL SCIENCES), cu o rezoluție temporală de 1,8 zile la ecuator şi de 0,9 zile la latitudinea de $\pm 60^0$, care preia geoimagini cu rezoluția spațială de 1 m în domeniul pancromatic şi 4 m în domeniul multispectral. Geoimaginile cu aceste caracteristici pot fi folosite cu succes la realizarea SIG (SIT). În anul 1997 a fost lansat ***Space Imaging*** , cu care se obțin geoimagini cu rezoluție de 0,82 m (4 m), la 1-3 zile. Cu satelitul ***GDE*** ce se s-a lansat în anul 2000 se obțin geoimagini pancromatice cu rezoluția de 0,8 m tot la 1-3 zile. În concluzie, noii sensori asigură o mai bună acoperire la sol, o bună rezoluție temporală, cu acoperire corespunzătoare exploatării stereoscopice, răspunzând mai bine nevoilor social-economice şi ştiințifice, inclusiv pentru răspunsul SIG la cererea de date în timp cvasireal. Câteva date sumare asupra acestor sateliți sunt date în tabelul 2.2.

2.2.2 Prelucrarea geoimaginilor de fotogrammetrie şi teledetecție

2.2.2.1 Sisteme fotogrammetrice digitale

La sfârşitul anilor '80 şi în anii '90 a avut loc trecerea de la fotogrammetria analitică la fotogrammetria digitală. În teledetecție, datorită obținerii directe a datelor digitale, această abordare a avut loc de la început. Au apărut stațiile digitale (numerice) cu funcții complexe, diferențiate pentru scopurile de utilizare pentru ridicări cartofotogrammetrice şi cu particularități pentru realizarea şi utilizarea SIG (SIT).

Principalele componente ale unei stații fotogrammetrice digitale (numerice) sunt calculatorul electronic interfațat cu digitizorul raster (scanerul), cu sistemele de observare, de vizualizare şi de măsurare, cu perifericele de reprezentare etc.

Subsistemul de digitizare realizează digitizarea raster, partea principală fiind scanerul. Caractereisticile subsistemului sunt rezoluțiile spațială, spectrală şi radiometrică. Rezultatele digitizării raster sunt datele teserale (geoimaginile numerice), în aceleaşi formate ca şi datele obținute de la sensorii de teledetecție sau de la camerele digitale. La scanare (baleiere) se pot alege nivelul expunerii (iluminării), precizia de focusare (la scanerele cu microcamere TV), dimensiunile de scanare, culoarea sau culorile active, rezoluțiile spațiale şi spectrale etc.

Subsistemele de observare sunt compuse din ansamblul ochelari speciali şi ecran grafic cu cristale lichide, pe ecran apărând cele două imagini care se pot separa prin vizualizare. **Perifericele de memorare** trebuie să asigure memorarea atât a geoimaginilor rezultate din scanare, cât şi a celor intermediare şi finale, a programelor şi a altor fişiere de date. Sunt obişnuite acum suporturile magnetice şi magneto-optice de zeci şi sute de gigaocteți. Calculatorul electronic este de tip stație grafică, este conectat la rețeaua Intranet, are viteza de lucru de ordinul sutelor de MIPS sau MFLOPS. Datorită volumelor mari de date se folosesc tot mai mult procesoarele paralele. Nu insistăm aici asupra tuturor componentelor.

Subsistemul software al sistemului poate avea componente diferite în funcție de scopul prelucrării. Există sistemul de operare, procedurile de prelucrare şi interpretare a imaginilor, procedurile de obținere a produselor finale şi unele proceduri specifice gestionării bazelor de date (în cel mai fericit caz un SGBD specific modului de structurare a datelor). În tabelul 2.3 sunt date caracteristicile unor sisteme la nivelul sfârşitului mileniului al doilea.

Un exemplu sugestiv este TRASTER 10 versiunea a doua, cu performanțe îmbunătățite, realizat de Matra Cap Systems. Sistemul foloseşte hardware standard pentru grafică (stație grafică Sun Sparc) cu software comun pieței libere (sistemele de operare UNIX, WINDOWS şi MOTIF), gestiunea datelor făcându-se cu module ale SGBD Oracle, (datele sunt structurate relațional). Sistemul este destinat pentru: a) realizarea MDA folosind corelarea automată: b) generarea automată a curbelor de nivel folosind MDA; c) realizarea ortofotogramelor şi a ortoimaginilor, prin concatenarea primelor; d) concatenarea ortoimaginilor şi MDA (suprapunerea imaginii peste suprafața generată cu MDA); e) transferul datelor fotogrammetrice către sisteme cartografice automate, către sisteme informaționale spațiale (inclusiv SIG) sau nespațiale etc.

Programele de calcul, uşor de folosit, prietenoase şi ergonomice, permit realizarea mai multor funcții, legate de : a) vizualizarea stereoscopică (panoramarea continuă, efect de lupă interpolat, vizualizarea subpixel); b) exploatarea aerofotogramelor (generarea şi gestionarea fişierelor auxiliare, realizarea orientărilor interioară, relativă şi absolută cu corelarea automată a imaginilor, culegerea datelor fotogrammetrice); c) fotogrammetrie satelitară cu imagini SPOT (generarea şi gestionarea fişierelor auxiliare, orientarea modelului şi legarea modelelor între ele prin corelarea automată a imaginilor, culegerea datelor); d) aerotriangulație (măsurarea coordonatelor pe model, compensarea modelelor independente, actualizarea automată a modelelor) etc.

O configurație de bază realizată pentru o instituție din țară este a) stația SPARC 20 (32 MB RAM, disc fix de 1GB, două unități de memorare a câte 2,6 GB fiecare, unitate CD-ROM, unitate de disc floppy, display grafic color de 20'', tastatură şi mouse); b) periferice fotogrammetrice (ecran stereo Tektronix de 19'', dispozitive de comandă – locator trackball sau trackcylinder, volane cu mânere sau disc de picior, placă de accelerare stereografică, tastatură funcțională); c) unități de intrare (driver CCT, scaner VEXCEL VX 3000 PLUS, alte scanere); d) unități de ieşire (plotere vectoriale, cu cerneală, plotere electrostatice – CALCOMP, IRIS etc., sisteme de redactare BARCO, alte sisteme de reprezentare – fotoplotere vectoriale, plotere raster etc.).

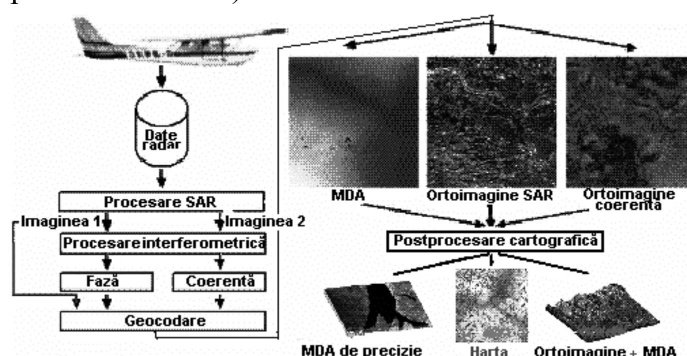


Fig. 2.6 Exemplu de schemă de prelucrare
a înregistrărilor radar

Datele inițiale ale sistemului sunt fotogramele scanate (baleiate), imaginile satelitare (de exemplu SPOT) şi imaginile preluate cu camere digitale.

Tabelul 2.2 Caracteristici ale sateliților comerciali

Satelitul	Senzorii	Rezoluția spațială	Rezoluția spectrală µm	Baleiaj la sol	Format imagine	Rezoluția temporală
EarlyBird	Pan MS	3m 15m	0,45-0,80 0,50-0,59 0,61-0,68 0,79-0,89	6km 30x30 km^2	$36km^2$ $900km^2$	1,5-3,5 zile
QuikBird	Pan MS	1m 4m	0,45-0,90 0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,77-0,90	36km 36km	36x36 km^2	1,5-3,5 zile
OrbView-1	Pan MS	1 şi 2 m 4m	0,45-0,90 0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,77-0,90	4km 8km	8x8 km^2	3 zile
SPACE IMAGING	Pan MS	0,82m 4m	0,45-0,90 0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,77-0,90	11km 11km	60x60 km^2	1-3 zile
GDE	Pan	0,8m	0,5-0,9	≥15km	70x70 km^2	1-3 zile

Este de remarcat că programele conțin şi proceduri de prelucrare a imaginilor (filtre). În figura 2.6 este arătată schema de prelucrare a imaginilor radar, cu mari perspective în viitor.

Un periferic de importanță deosebită este scanerul fotogrammetric, ce asigură date de intrare complete şi precise. Spre deosebire de alte scanere, acesta se caracterizează prin rezoluții spațiale, radiometrice şi spectrale înalte. De exemplu, scanerul PS1 PhotoScan, realizat în cooperare de Carl Zeiss şi Intergraph, asigură baleierea fotogramelor cu dimensiunile maxime de 26 cm X 26 cm, cu valoarea minimă a laturii de 7,5µ. Subsistemul are următoarele componente: modulul de scanare; senzorul liniar CCD de înaltă performanță; calculator Intergraph 6000 (Clipper RISC,14 MIPS cu memorie de 32 MB şi ecran grafic de minimum 19'', procesor grafic EDGE, sistem de operare CLIX – Intergraph UNIX, pachet software pentru controlul baleierii, afişarea pe ecran şi memorare etc. La scanare, valoarea pixelului poate fi aleasă între 7,5 şi 120 µ.

Alte tipuri de aparate dezvoltate în deceniile al optulea şi al nouălea sunt stereorestitutoarele analitice (de tipul analytical plotter), asupra cărora nu se insistă aici. Se folosesc de asemenea cu succes aparatele fotogrammetrice clasice interfațate cu calculatoare electronice.

Tabelul 2. 3. Caracteristicile unor sisteme fotogrammetrice digitale

Sistemul	Firma	Calcula-torul	Sistem de operare	Separarea imaginilor	Imagini prelucrate
DPW670 DPW770 SD 2000	Leica Helava	SUN	UNIX	Mono- Polarizare Polarizare	Landsat,SPOT Fotogramă
DVP	Leica U. Laval	PC	DOS PS-2	Stereoscop	Fotogramă Satelitară
Intermap ImageSt	Intergraf	St.grafică Intergraf	UNIX	Stereo-gr.	SPOT Fotogramă
Phodis	Zeiss	SGI	UNIX	Stereo-gr.	Fotogramă
PRI²SM	I²S, Datrom	SUN..HP	UNIX	Mono Stereo-gr	SPOT, SAR Fotogramă
Traster T10	Matra	SUN	UNIX	Polarizare	SPOT, SAR Fotogramă
DIAP	ISM	PC	UNIX	Stereo-gr	Fotogramă
Softplotter Kork DNIS Ortokork	Vision Intl	SGI PC	UNIX Windows NT	Stereo-gr Mono	SPOT, SAR Fotogramă
DNIS	R-Wel. Inc.	PC	DOS	Anaglife	Fotogramă Satelitară
Stereodigit Orthomap	Galileo	PC PC	UNIX	Polarizare Mono	Fotogramă
Digitus	Dat Em	SGI, PC	UNIX	Stereo-gr	Fotogramă
PI-1000	Topcon	PC	DOS	Polarizare	Fotogramă
VirtuoZo	VirtuoZo Inc	SGI	UNIX	Anaglife	SPOT Fotogramă
Var S W	Inpho	SGI	UNIX	Mono	Fotogramă
Easi Pace	PCI	SGI, PC	DOS UNIX	Mono	Fotogramă Geoim. Radar
Orthomax	ERDAS Autometric	SGI	UNIX	Stereo-gr	SPOT Fotogramă

2.2.2.2 Tehnologii şi produse fotogrammetrice şi de teledetecţie ce pot fi realizate cu/în SIG

O dată cu dezvoltarea mijloacelor tehnice şi a tehnologiilor de fotogrammetrie şi teledetecţie, cu creşterea performanţelor fotogramelor şi înregistrărilor numerice, s-au diversificat produsele finale, care completează produsele cartografice sau chiar le înlocuiesc. Chiar şi produsele cartografice au căpătat noi caracteristici. Noile produse, cât şi cele tradiţionale, vor fi surse pentru sistemele informaţionale spaţiale, inclusiv SIG.

Datele satelitare se folosesc cu succes în actualizarea hărţilor topografice, deci şi a straturilor de date SIG referitoare la structura geografică a domeniului studiat. În prezent se actualizează deja hărţile topografice la scara 1:25 000, iar în curând se vor actualiza cu noile date chiar şi hărţile (planurile) topografice la scara 1:10 000. Scanarea rapidă a fotogramelor aeriene şi chiar obţinerea fotogramelor numerice cu camere digitale fac posibilă dezvoltarea întrunită a tehnologiilor de fotogrammetrie şi teledetecţie. Noile staţii fotogrammetrice şi programele corespunzătoare permit această abordare.

Dintre noile tehnologii care modifică modul de lucru, calitatea şi noua calificare a personalului (operatorul fotogrammetrist devine mai mult operator al unui sistem de calcul şi al programelor implementate) influenţate şi de timpul scurt de obţinere a unor produse, se amintesc: determinarea centrelor de perspectivă cu sisteme de poziţionare globală;

compensarea aerotriangulației folosind ca puncte de reper punctele ale căror coordonate s-au determinat prin poziționare globală; orientarea relativă a imaginilor numerice prin corelare fotogrammetrică; obținerea MDA prin aceeaşi metodă; redresarea diferențială cu folosirea MDA; interpretarea automată (nesupervizată) sau interactivă (supervizată) a geoimaginilor (fotogramelor numerice şi înregistrărilor satelitare); obținerea ortoimaginii prin concatenarea ortofotogramelor; obținerea vederilor 3D prin suprapunerea imaginii numerice peste suprafața 3D generată cu MDA; suprapunerea curbelor de nivel determinate cu MDA peste imaginea numerică; obținerea vederilor perspective dinamice, cu variația poziției observatorului (punctului de vedere) şi a direcției de observare; cu şi fără imagine; realizarea ortofotohărților analogice şi numerice; transmiterea în timp real sau cvasireal a datelor fotogrammetrice şi de teledetecție în sisteme de comandă şi control de tip C^3I şi C^4I; actualizarea rapidă a hărților numerice prin afişarea pe acelaşi ecran grafic a imaginii hărții şi a imaginii numerice (fotogramei sau înregistrării satelitare) etc. Produsele ce se obțin cu aceste tehnologii rezultă chiar din înşiruirea de mai sus. Aceste produse, după cum se va vedea ulterior, se vor obține cu predilecție şi în sistemele informaționale geografice. În cadrul acestor sisteme, capătă o mai mare importanță datele tematice diverse rezultate din interpretarea valorilor pixelilor geoimaginilor.

2.2.2.3 Algoritmi şi proceduri utilizate în prelucrarea datelor fotogrammetrice şi de teledetecție

Cele trei tipuri de fotogrammetrie, analogică, analitică şi digitală, folosesc prelucrări analogice, analitice, hibride sau digitale, fără pierderi semnificative de informație geometrică sau radiometrică (Răducanu şi Spatariu, 1992; Turdeanu, 1997). Atât în cadrul fotogrammetriei analitice, cât şi al celei digitale, modelele matematice se bazează pe relațiile geometriei analitice sau proiective (transformările de coordonate în spațiile 2D, 3D, ..,nD, corespondențele proiective între forme de diferite ordine etc. Existența măsurătorilor suplimentare, mai uşor de obținut în laborator, face ca pentru determinarea parametrilor de transformare şi a mărimilor funcții de măsurători să se folosească modelul stochastic bazat pe metoda sumei minime a pătratelor.

Problemele de bază ale fotogrammetriei analitice se pot reduce la orientarea exterioară a fiecărei fotograme, orientarea relativă a fotogramelor şi formarea modelelor, conexiunea modelelor şi formarea unui model general, orientarea absolută a modelelor şi intersecția spațială. Problemele de mai sus se utilizează şi în exploatarea digitală, apărând în plus obținerea datelor raster, transformările radiometrice şi geometrice ale imaginilor digitale, corelarea imaginilor digitale, recunoaşterea formelor, obținerea ortofotogramei prin combinarea imaginii cu modelul digital altimetric, exploatarea în comun a imaginilor digitale multirezoluție spațială, radiometrică, spectrală şi temporală etc. Imaginile digitale sunt rezultate atât ale fotogrammetriei, cât şi ale teledetecției. Ele se obțin prin scanare direct în teren sau în laborator, aşa cum s-a arătat mai sus.

2.3 Dezvoltări şi perspective în cartografie

Şi în cartografie au avut loc dezvoltări deosebite în ultimele decenii, care au vizat atât bazele teoretice, cât şi tehnologiile cartografice, mijloacele de reprezentare şi echipamentele de culegere, prelucrare, organizare, stocare, regăsire şi utilizare a datelor şi informațiilor cartografice. Nu se va face o descriere exhaustivă a tuturor acestor transformări, limitarea fiind cerută de obiectul principal al lucrării.

2.3.1 Câteva aspecte ale cartografiei teoretice

Teoria cartografică nu se dezvoltă pe loc gol sau la inițiativa cuiva. Necesitățile practice cer noi produse cartografice, de exemplu harta electronică, harta electronică de navigație, atlasul electronic etc. Se tratează în continuare doar câteva aspecte şi anume: a) funcțiile hărții; b) procesele spațiale; (c) prelucrarea datelor digitale; d) limbajul hărții.

2.3.1.1 Funcțiile hărții

Funcțiile hărții au constituit obiectul studiilor cartografice încă din deceniul al şaselea al secolului XX. S-a dezvoltat metacartografia şi s-au abordat studii cartografice de teoria informației cartografice, semiotică, teoria modelării etc. S-a înțeles şi mai mult legătura dintre realizatorul şi utilizatorul hărții, căpătând o dezvoltare şi mai mare studiul funcțiilor hărții. Se tratează funcțiile hărții prin prisma realizării şi utilizării SIG. A apărut deja o nouă propunere de definiție a cartografiei, făcută la Conferințele O.N.U. pentru cartografie – "*cartografia este un proces de transmitere a informației care este focalizat pe date spațiale, aceste date înseşi putând fi considerate ca un model complex al mediului geografic; baza de date spațiale este modulul central al şirului de procese cartografice, procese ce folosesc datele ca date de intrare (ca date inițiale) pentru realizarea diferitelor tipuri de produse informatice."* Pare straniu, dar nu mai apare în cuprinsul definiției noțiunea de hartă!.

În literatura actuală despre SIG, cei mai buni specialişti, proveniți din experți cartografi şi geografi, îşi îndreaptă eforturile spre definirea utilizatorului SIG, nevoilor de date şi alte produse ale SIG, utilizarea SIG drept suport decizional spațial etc. Se pare că noua definiție a fost impusă de aceştia din urmă. Ca o remarcă, se vede că noua definiție se axează pe informație, procese cartografice şi produse informatice.

Funcțiile hărții se consideră a fi următoarele:

1) Funcția cognitivă este legată de toate procesele, procedurile şi operațiunile, de toate modelele care generează şi îmbunătățesc cunoştințele referitoare la spațiul geografic. Toate procesele cartografice şi de analiză cartografică, clasice sau asistate de calculator, transformările, generalizarea, simulările, animațiile cartografice trebuie incluse aici, dacă e posibil într-o secvență de operațiuni ce duc de la modelele aproape reale la modelele foarte abstracte ale spațiului.

2) Funcția de comunicare (inclusiv subfuncția de demonstrare) cuprinde toate procesele şi operațiunile transferului de cunoştințe spațiale de la cartograf la utilizator. Funcția poate fi împărțită în diferite subfuncții, după volumul cunoştințelor transferate, nivelul anterior de cunoaştere şi mijloacele de transfer al cunoştințelor. Cuvintele cheie pentru a sublinia această funcție sunt *comunicarea educațională*, *comunicarea prin mass media*, *comunicarea academică*, *comunicarea administrativă*.

3) Funcția de suport pentru decizie cuprinde toate procesele şi operațiunile care, bazate pe evaluarea fenomenelor spațiale, au ca rezultat deciziile spațiale şi acțiunile spațiale. Funcția poate fi împărțită în mai multe subfuncții după tipurile şi şirul de decizii şi tipul şi şirul de acțiuni, bazate pe cercetarea domeniului spațial pentru indivizi, grupuri sociale sau întreaga societate. Una din noțiunile cheie aici este *navigația*, care ilustrează complexitatea funcției hărților ca suport pentru decizii, deoarece navigația este posibilă prin aer, pe ape, pe pământ, pe pământ în oraşe, pe drumuri, cu mijloace diferite etc. O altă noțiune cheie este *planificarea spațială*, care cuprinde resurse de planificare, planificarea mediului, planificarea construcțiilor etc.

4) Funcţia socială cuprinde procesele ce rezultă nu din acţiunile spaţiale, ci din cele sociale referitoare la mediu. A nu ţine seama de ele în SIG nu e o soluţie bună. Una din subfuncţii este cea profesională; ar trebui analizat statutul social al cartografului în relaţie cu alte persoane, incluzând în procesul de realizare a hărţii şi pe utilizator; câteva noţiuni cheie aici sunt *instruirea profesională*, *cunoştinţe ale expertului*, *etica profesională* şi *venitul* cartografului sau specialistului SIG. Subfuncţia socială de control descrie hărţile ca instrumente ale puterii sociale, exercitată prin accesul la datele şi informaţiile spaţiale, prin drepturile de autor sau monopolul asupra echipamentelor de cartografiere. Aici trebuie incluse hărţile oficiale, precum cele cadastrale şi alte hărţi cu putere legiferată. Subfuncţia culturală consideră cartografierea ca o activitate de cultură (şi civilizaţie), hărţile uneori considerându-se şi obiecte artistice, subiect al colecţiilor sau chiar în patrimoniul naţional.

Analiza funcţiilor de mai sus duce la concluzia că noua definiţie a cartografiei are un suport în realitatea sfârşitului şi începutului de milenii. Sublinierea acestor funcţii trebuie văzută ca o încercare de a atrage atenţia comunităţii cartografice şi în general specialiştilor geodezi asupra necesităţii umplerii golului de cunoştinţe o dată cu extinderea domeniului până la realizarea şi utilizarea sistemelor informaţionale spaţiale.

2.3.1.2 Procesele spaţiale

Harta este un tip de reprezentare vizuală a informaţiei spaţiale şi a modificărilor sale temporale. Obiectele şi fenomenele spaţiale ce fac obiectul reprezentării pot fi apreciate din mai multe puncte de vedere – fizic, social, cultural, militar etc. Actualmente nu este totuşi suficientă metoda cartografică tradiţională pentru a reprezenta asemenea modificări temporale, deoarece hărţile tipărite sunt materiale statice care nu pot explica (expune) toate aceste modificări. Dezvoltarea tehnicii de calcul şi informaticii oferă noi mijloace de reprezentare a modificărilor, respectiv a dinamicii obiectelor şi fenomenelor. Animaţia cartografică se dezvoltă cu repeziciune şi se impun unele teze de doctorat şi teme de cercetare în acest domeniu.

Stocarea într-o bază de date spaţiale a tuturor datelor referitoare la o zonă permite să se răspundă la unele solicitări ale utilizatorilor, de tipurile : 1) *căutare temporală simplă* – care este situaţia unui obiect la timpul t; 2) *căutarea în şirul temporal* – ce se întâmplă cu un obiect după o anumită perioadă de timp; 3) *căutare spaţiotemporală simplă* – care este situaţia unei zone areale la timpul t; 4) *căutare în şirul spaţio-temporal* – ce se întâmplă cu o zonă areală după o anumită perioadă de timp. Mai sus, prin căutare se înţelege şi interogare, termen specific SGBD.

Dar introducerea datelor referitoare la dinamica unei zone necesită eforturi uriaşe şi se poate realiza numai pentru unele zone şi pe anumite teme, în număr restrâns. Într-un SIG pot convieţui încă multă vreme procedeele clasice şi procedeele moderne. Dezvoltarea SIG ne aduce într-o nouă situaţie, de a organiza corespunzător structurile de date şi de a reproiecta procesele cartografice. *Procesarea spaţială* este una din noţiunile critice ale cartografiei moderne.

Procesarea datelor digitale

În ultimele trei decenii, cartografia asistată de calculator s-a dezvoltat rapid, ducând la o eră nouă în această ştiinţă. Apar noi produse nerealizate nicicând cu ideile şi tehnologiile cartografiei clasice. Cartografia asistată de calculator predomină cartografia tradiţională.
Această situaţie obligă pe cartografi să- şi revizuiască atitudinea, să reexamtneze concepţia

hărții, să fundamenteze noi principii teoretice pentru procesele tehnice. S-au dezvoltat în acest context cartografia automată, gestiunea datelor cartografice şi sistemele informaționale geografice, continuă explorarea unor noi domenii legate de procesarea datelor (fig. 2.6), capacitatea de memorare (stocare), flexibilitatea transformării datelor, vizualizare, eficiența întreținerii datelor etc. Dar se pare că aceste schimbări filozofice şi tehnologice constituie doar începutul revoluției şi dezvoltările ulterioare în cartografie ale metodelor digitale vor necesita o fundamentare teoretică deosebită.

Unul din interesele principale ale domeniului multimedia actual este de a se produce periferice pentru a realiza: a) *transformarea geometrică* a coordonatelor, cotelor şi distanțelor; b) *transformările statistice* ale variabilelor *Z* (funcții de poziție); c) *transformarea datelor* numerice în imagini şi *vizualizarea* acestora sau transformarea imaginilor în date digitale, prin digitizare raster (scanare) sau digitizare vectorială.

Vizualizarea, ultima şi cea mai cunoscută din cartografie, depinde de suportul hărții. Noțiunea de hartă nu se mai rezumă la suportul hârtie sau folie de material plastic (hărți reale); afişările cartografice pe ecranele catodice (hărți temporale) şi structura de date cartografice numerice (harta virtuală) aparțin de asemenea cartografiei. Ca atare noțiunea de hartă trebuie revăzută. Vizualizarea este şi o "retorică iconică". Hărțile reale sunt tipărite pentru a fi analizate în linişte, hărțile temporale sunt reprezentate pe ecran (în sistemele color RGB sau ITS) pentru o vizualizare rapidă, pentru verificarea unui detaliu local; secvențele animate trebuie focalizate pe procese geografice şi nu pe detalii. Ca atare, şi modul de reprezentare pe ecran nu trebuie să fie acelaşi ca pentru reprezentările clasice, referindu-ne aici la culori, densitatea detaliilor, semne convenționale, inscripții, legendă etc.

În prelucrările datelor, un rol important revine *simulării,* care capătă noi valențe. Simulările spațiale constau în predicția de noi forme, conform modelelor acceptate. Modelele nu sunt altceva decât o formulare a proceselor geografice, fiind expresia ipotezelor asupra modului de modificare a suprafeței. Modelele sunt folosite pentru a genera noi date plecând de la cele observate, afişarea rezultatelor arătând "suprafețele teoretice" (sau rețele, fluxuri, peisaje artificiale, precum cele fractale etc.). Un bun exemplu este găsirea drumului optim între două localități care este afişat pe ecran cu programul "Mapa de carreteras" (Spania), aşa cum se vede în figura 2.7.



Fig. 2.7. Exemplu de determinare a drumului minim

Simularea unor fenomene şi situații geografice este un domeniu aplicativ de viitor al sistemelor nformaționale geografice. Cu simularea, hărțile (în general geoimaginile) devin instrumente ştiințifice de excepție. Devine posibilă reprezentarea unor forme abstracte, nu ca cele deja existente. De exemplu, secvențele animate ale vectorilor în spațiul 3D este un mod bun de studiere prin înțelegerea modului de comportare a componentelor principale la analiza multivariată.

În concluzie, viitorul cartografiei este legat de rezolvarea unor probleme practice şi teoretice ce pot fi rezumate ca probleme ale datelor şi probleme ale modelelor spaţiale.

Probleme ale datelor

Dintre acestea se amintesc: care este natura datelor geocodate (X,Y, Z_n) la diferite scări şi după diferite transformări; cum se comportă calitatea datelor la diferite transformări; cum este protejat dreptul de autor după transformări; modul de gestionare a marelui volum de date rezultate din digitizarea raster sau vectorială sau importate de la sistemele fotogrammetrice şi de teledetecţie; modul de generalizare şi de reducere a acestei cantităţi de date pentru a optimiza stocarea; criteriile de respectat pentru a alege arhivele necesare de păstrat; modul de generare a datelor ce lipsesc, fie pentru cele "pierdute", fie de la cele compactate anterior; cum să se aleagă un standard naţional sau internaţional pentru schimbul de date sau pentru a colabora la realizarea hărţilor cu modificări continentale sau globale etc.

Probleme ale modelelor spaţiale

Dezvoltarea bazelor de date geocodate, inclusiv în SIG, este interesantă nu numai pentru afişarea rapidă a datelor spaţiale, ci şi pentru analiza, combinarea, transformarea şi animarea datelor (geoimaginilor) ce au fost stocate. Toate transformările arătate mai sus necesită "modele" şi "modelare", atât pentru datele cantitative, cât şi pentru cele calitative. Problemele legate de modelele spaţiale sunt: ce modele se introduc în SIG şi de ce tip – proceduri standard, modele cerute de utilizator, o structură model (similară concepţiei structurii datelor); protecţia modelelor şi metodelor (împotriva viruşilor, împotriva copierii neautorizate, împotriva accesului neautorizat etc.); schimbarea concepţiei de învăţare a cartografiei etc.

2.3.1.3 Limbajul hărţii

Cartografii utilizează un sistem de semne la exprimarea cartografică. Comunicarea se face de la un emiţător, realizatorul hărţii, la un receptor, utilizatorul hărţii. Limbajul este apropiat de cel natural. Limbajul de semne este limbajul hărţii. La analiza acestui limbaj se au în vedere sintactica, semantica, caracteristicile fundamentale şi regulile practice, asupra cărora s-au iscat multe dezbateri în urmă cu un deceniu. Necesitatea abordării problemei limbajului cartografic al noilor produse cartografice multimedia se impune cu prisosinţă, ţinând seama de următoarele:

a) noua concepţie lingvistică nu trebuie să fie o parte a vechii concepţii teoretice de transmitere a informaţiei pentru harta clasică;

b) concepţia lingvistică se bazează pe analiza structurală a hărţilor şi a semnelor convenţionale a hărţilor clasice, dar şi a noilor produse multimedia. Problema principală credem că este cea a sintaxei semnelor;

c) concepţia lingvistică nu este destul de complexă pentru a rezolva toate problemele cartografice, altele decât cele ale realizării practice a hărţilor, concepţia nu trebuie să trateze proiecţiile cartografice, generalizarea etc.

2.3.1.4 Noi produse cartografice

Animaţia. Aceasta a fost utilizată de către cartografi folosind camerele de filmat pe suport film cinematografic, dar calculatoarele au transformat viteza şi eficienţa metodelor aplicate. Camerele digitale se folosesc cu succes pentru culegerea datelor. Procese fizice dinamice, dar în timp îndelungat pot fi derulate la o scară de timp diferită, de exemplu variaţia

coastelor marine. Poate fi reprezentată dinamic suprafața terestră văzută dintr-un vehicol în zbor, chiar simulat. Aceste inovații au adăugat noi variabile celor propuse de Bertin (dimensiune, formă, intensitate, valoare, consistență, orientare), precum “timp de afişare”, ordine, viteză de rulare (cadre pe secundă) etc.

Multimedia. Adăugarea sunetului, textului, animațiilor şi videoclipurilor în unele produse a devenit un lucru comun. Aceste tehnici pot fi integrate în multe hărți digitale sau alte instrumente digitale cartografice şi permit introducerea de hiperlegături la imaginea hărții pentru a permite un acces instantaneu la alte baze de cunoştințe.

Atlasele electronice. Atlasele electronice (care în general îmbracă multe forme multimedia) au crescut ca număr şi diversitate. Față de atlasele tradiționale pe hârtie în prima jumătate a acestui secol, atlasele electronice oferă inovații pentru prezentarea datelor(numai vizualizare, interactivitate sau analiză SIG). Atlasele electronice sunt stocate pe CD sau accesul la acestea este posibil prin Internet (***Cartointernet*** este chiar un nou capitol al cartografiei moderne). Rețeaua Internet permite chiar şi schimbul de date spațiale, hărți şi atlase electronice, proceduri de cartografiere, lecții şi articole pentru învățarea noilor tehnologii. Toate aceste noi produse au devenit foarte populare şi eficiente ca realizare.

Mijloace de navigație. Navigația modernă se bazează pe folosirea hărților digitale şi a bazelor de date structurate ale SIG. Există deja sisteme chiar portabile sau montate pe avioane, vapoare, autovehicule etc.

Cu dezvoltarea rapidă şi diversificarea jocurilor şi divertismentului cu calculatorul electronic, au fost dezvoltate multe tehnologii pentru afişarea hărților digitale.

Realitatea virtuală (sau Lumile virtuale). Se construiesc multe baze de date pentru simularea realității. Acestea vor oferi avantaje mari pentru planificatori, ingineri proiectanți, specialişti din turism etc. Este acceptată în general ideea că funcționalitatea SIG este încă săracă matematic şi statistic. Noi instrumente precum “S-Plus” (MathSoft) pot face cu adevărat o *cartografiere analitică* în ajutorul *analizei spațiale*. Trebuie dezvoltate noi proceduri de analiză şi sinteză.

Spațiohărți raster satelitare. O dată cu apariția geoimaginilor satelitare comerciale cu rezoluție spațială metrică sau foarte curând chiar decimetrică, cu creşterea accesului la software şi mijloace de calcul puternice, apar spațiohărți atractive, cu pixeli interpretați, abandonându-se hărțile vectoriale pentru multe aplicații, în locul lor apărând geoimaginile redresate, inclusiv cu multimedia.

Cartografia de “zi cu zi.” Cu toate cele de mai sus, cartografia de “zi cu zi” (realizarea hărților străzilor oraşelor, hărților rețelei rutiere, hărților turistice etc.), fie la nivel oficial instituțional (public sau comercial), fie la nivel ştiințific sau chiar personal. Dar şi în realizarea acestor hărți se vor folosi noile tehnologii. Nevoia de hărți va exista mereu, unele dintre acestea prezente în cărți, în atlase, în mijloacele mass media. Aşadar, profesiunea de cartograf este încă necesară mulți ani, dar cu modificări substanțiale.

2.4 Exemplu de sistem geoiconic digital de producție

În S.U.A., NIMA are atribuții complexe în cadrul Departamentului Apărării (DoD), de asigurare topogeodezică a tuturor componentelor sistemului apărării naționale. Printre *misiunile* îndeplinite de NIMA *doar într-un singur an* se amintesc: realizarea a peste 56 milioane de foi de hartă; informația analogică a documentelor acoperă 4,5 milioane de mile

pătrate; populează prin actualizare bazele de date geodezice pentru o suprafață de 450 milioane de mile pătrate; determină 13 000 de obiective (ținte) şi valorile gravitației terestre în circa 38 000 de puncte etc. Agenția furnizează hărți şi date de navigație maritimă, fluvială şi aeriană pentru marină, aviație, civile sau militare din toată lumea, gestionează sistemul de poziționare globală şi alte rețele satelitare (DMA, 1994 şi 1995). A apărut necesitatea unui sistem geoiconic integrat, ale cărui componente hardware sunt dispuse în mai multe centre de producție geodezică, fotogrammetrică, cartografică şi de cercetare prin teledetecție, sunt interconectate în cadrul unei concepții unitare (Lawrance, 1995; Littlefield, 1995).

2.4.1 Sistemul geoiconic digital

Realizarea sistemului a fost legiferată de Congresul S.U.A. pe baza unui proiect înaintat de agenție (fostă DMA) şi însuşit de DoD, privind trecerea la realizarea de produse geodezice şi cartografice digitale, solicitate de celelalte sisteme informaționale care se realizau sau de noile tipuri de armamente, muniții sau sisteme inteligente. Sistemul a fost realizat în 10 ani, cu un cost de 2,6 miliarde dolari S.U.A. Fără acest sistem, agenția ar fi fost incapabilă să folosească noua imagistică digitală (monoscopică şi stereoscopică), imaginile digitale asigurând 90% din necesitățile de producție ale agenției. De la început au fost stabiliți ca indicatori de eficiență creşterea productivității muncii cu 75% şi reducerea prețului de cost al produselor cu 50%. Sistemul a fost realizat prin două programe – MARK 85, început în 1983, şi MARK 90. Integrator de sistem a fost firma Intergraph, la realizarea segmentelor sistemului participând şi alte firme (DBA, GE transformată în Martin Marietta, E-Systems, GDE şi Hughes).

Puterea de procesare totală a sistemului este de peste 300 MIPS, cu un potențial de procesare într-un singur flux de 24 MBPS, inclusiv transferul între componente în cadrul rețelei. Potențialul de prelucrare de imagini la un singur centru din cele trei este de 160 MBPS.

Sistemul cuprinde software cu un volum total de 7 000 000 de linii în cod sursă, în 7 limbaje de programare, are 3 000 de componente hardware, din care 1 000 sunt stații grafice de înaltă performanță, repartizate în trei centre ale agenției, dar toate interconectate, cu acces reciproc pe bază de parolă.

2.4.2 Segmentele sistemului

Sistemul gestionează mai multe tipuri de baze de date. Cu date extrase din baze diferite realizează produse complexe pentru suprafața întregii planete. Pentru realizarea unui produs se folosesc procese tehnologice complexe, compuse din tascuri şi proceduri ale mai multor segmente sau subsisteme. Se descriu în continuare segmentele componente, cu accent pe funcții.

Segmentul de management al producției (SMP) realizează gestiunea întregului proces tehnologic pentru obținerea unui produs cu sistemul integrat. Segmentul realizează programarea şi planificarea producției la nivel de agenție, face calculul cheltuielilor de producție etc.

Segmentul de pregătire a surselor (geoimaginilor sursă, SPS) permite controlul, evaluarea şi validarea materialelor sursă pe diferite suporturi multimedia (hărți, fotograme, imagini digitale, alte fişiere de date), măsurarea geoimaginilor în vederea geocodării, determinarea poziției unor puncte (staționate sau ținte) etc.

Segmentul de extragere a datelor (SED) asigură accesul la datele referitoare la o anumită zonă, la un anumit detaliu sau la un grup de detalii, din toate bazele de date, date de diferite tipuri, vectoriale, raster sau de alt tip, chiar nespaţiale. Segmentul asigură şi verificarea calităţii datelor prin indicatori de precizie, în special prin verificarea preciziei şi consistenţei datelor.

Segmentul de generare a produselor (SGP) permite realizarea fiecărui produs solicitat. Printre aceste produse se amintesc originalele de editare separate pe culori, exemplare multiplicate ale hărţilor, fişiere cu date rezultate în urma scanării şi digitizării vectoriale etc. De observat că în acest segment se face digitizarea geoimaginilor, considerând datele ce se obţin drept produse.

Segmentul serviciilor de date (SSD) are două componente, care asigură gestiunea datelor şi transferul acestora în cadrul sistemului prin intermediul reţelelor interconectate. Sistemul de gestiune a bazelor de date (SGBD) realizează arhivarea datelor, asigură accesul, protecţia şi integritatea tuturor datelor existente în sistem. Partea de transfer de date a segmentului asigură funcţiile de interconectare a elementelor reţelelor locale sau legătura între reţelele locale interconectate, respectiv transferul de cereri, date sau mesaje. Proceduri sau tascuri ale acestui segment asigură transformarea rezoluţiilor spaţiale şi radiometrice ale datelor raster.

Segmentul de achiziţionare a surselor (SAS) asigură obţinerea surselor multimedia de date (geoimaginilor). Segmentul asigură obţinerea concretă a geoimaginilor sursă prin achiziţionare, aerofotografiere, recepţie a imaginilor satelitare etc., distribuirea colecţiilor de date şi funcţiile de bibliotecă pentru toate sursele. Segmentul acţionează ca o interfaţă de proceduri pentru întreaga mulţime a surselor de geoimagini.

Segmentul de exploatare analogică (SEA) sau de exploatare a produselor analogice (SEPA) asigură realizarea acelor funcţii din procesul clasic de producţie care sunt strict necesare în noul sistem şi care, de fapt, au beneficiat primele în decursul ultimelor decenii de utilizarea calculatorului electronic. Procedurile segmentului permit măsurarea pe sursele analogice în vederea determinării punctelor prin aerotriangulaţie etc.

2.4.3 Produse realizate cu sistemul

Dintre cele 200 de produse realizate de agenţie, în 1995 doar 24 se realizau cu sistemul, dar realizarea acestora reprezintă 80% din valoarea producţiei anuale. Produsele sunt arătate în tabelul 2.4. Acestea sunt produse complexe şi au o mare pondere în activitatea agenţiei. Cu timpul toate produsele se vor realiza numai cu acest sistem. Pe măsura ajungerii produselor la utilizatori, structura acestora se va actualiza conform solicitărilor. O altă calitate deosebită este timpul mai scurt de livrare a produselor, uneori chiar în timp cvasireal în situaţii de criză.

2.4.4 Particularităţi de realizare a sistemului

Complexitatea sistemului e demonstrată de componenţa şi funcţiile sale, cât şi de nivelul de integrare a întregii producţii geodezice, topografice, fotogrammetrice, cartografice, de teledetecţie etc. O simplă specificare a limbajelor utilizate în programare şi a numărului de linii sursă ale tuturor programelor, pe segmente, este făcută în tabelul 2.4. A fost necesară realizarea unei interfeţe utilizator pentru lucrul cu întregul sistem, precum şi a unor interfeţe hardware şi software între segmente, minisegmente, subsisteme. Prin complexitatea sa şi prin gradul de integrare, este considerat de experţi a fi cel mai larg integrat dintre sistemele informatice ale Departamentului Apărării.

Programarea şi planificarea realizării sistemului au fost urmărite cu rigurozitate. S-a acordat prioritate realizării unor minisegmente strict necesare pentru realizarea unor produse care să demonstreze utilitatea sistemului. Prima aplicație a fost cea de realizare a hărților de navigație aeriană sub formă digitală raster (ADRG), utilizate pentru afişarea pe ecranele grafice de la bordul avioanelor şi elicopterelor, începută în 1989. Datele sunt provenite din scanarea a 1876 foi de hartă şi sunt memorate pe 416 discuri de tip CD-ROM.

Tabelul 2.4. Produse realizate cu sistemul

1. Produse pe hârtie sau pe film	
Aeronautice (de aeronavigație)	-Hărți de pilotare tactică (TCP) -Hărți operative întrunite (pentru aeronavigație, JOGA) -Hărți operative întrunite (pentru radar, JOGR) -Hărți operative de navigație (ONC) -Publicații cu informații pentru zbor (FIP) -Hărți cu țintele aeriene (USATC) -Programe de poziționare punctuală -Baze de date cu pozițiile punctelor
B. Hidrografice	-Hărți portuare şi ale zonelor de acces în porturi -Hărți costiere -Hărți de luptă
C. Topografice	-Hărți topografice la scara 1:50 000 (TLM)
2. Produse digitale	
-Date altitudinale digitale (cote) ale terenului (de nivel I şi II) -Date digitale de analiză a detaliilor (de nivel I şi II) -Fişierul cu informații privind facilitățile aeriene automate -Date matriciale (de tip grilă) cu cotele suprafeței terestre (TERCOM) -Date matriciale cu itinerarii, cursuri, rute -Date matriciale referitoare la terminale – ale itinerariilor, rutelor *Notă:* Aici nu sunt trecute toate produsele. Pentru unele produse (hărți operative întrunite – JOG, date privind obstacolelw de zbor – VOD, bazele de date de analiză a terenului) nu mai există cerințe din partea utilizatorilor	

Un subsistem pentru stereorestituția geoimaginilor digitale în vederea realizării hărților şi ortofotohărților a fost proiectatat în 1989. Are 15 stații grafice, iar programele specializate pentru fotogrammetrie au fost scrise în limbajul C (15.000 linii în cod sursă), integrate cu 400.000 linii sursă ale programelor MGE (Intergraph). au avut un mare impact asupra utilizatorilor.

Tot în 1990 a fost realizat şi un alt subsistem cartografic bazat pe prelucrarea geoimaginilor, format din 36 de stații grafice, cu software specializat şi comercial ce depăşeşte 700.000 linii sursă, cu care s-au realizat fotohărți la scara 1:100.000, folosind imagini LANDSAT şi hărți topografice la scările 1:50.000 şi 1:100.000. Cu acest subsistem s-au realizat şi ortofotohărțile utilizate în anul 1991 în războiul din Irak, pe baza imaginilor satelitare SPOT.

Subsistemul VPF/PS a fost omologat în 1992. Conține 93 de stații grafice şi programe speciale pentru realizarea unor colecții de date în formatul VPF.

Dat fiind volumul mare al programelor, pe timpul realizării sistemului au fost stabilite seturi diverse de date, cu structuri din cele mai complexe, pentru testare şi omologare. La testarea programelor s-au descoperit şi s-au înlăturat 86.000 de erori (13,7 erori la 1.000 linii de cod). La testarea întregului sistem s-au descoperit 65.000 erori importante (65% în programe, 15% în hardware, 15% în date şi 5% în documentaţie).

2.4.5 Pregătirea personalului

Personalul de exploatare a sistemului are o pregătire generală cel puţin la nivel de colegiu şi o experienţă pe alte sisteme cartofotogrammetrice automate şi semiautomate. Responsabilii segmentelor au o pregătire geodezică şi în domeniul calculatoarelor electronice şi informaticii. O pregătire superioară au şi cei mai mulţi administratori ai bazelor de date, cei ce fac culegerea şi editarea datelor etc.

Tabelul 2.5 Limbaje şi linii de cod sursă (în mii) pentru modulele sistemului

	SGP	SPS	SSD	SED	SMP	SAS	SEPA	TOTAL
ADA	-	-	2	890	-	-	-	892
C	2200	275	226	10	-	-	-	2211
FORTRAN	-	906	303	-	40	429	300	1978
M 204	-	-	237[1)]	-	1067	5	-	1309
Altele[2)]	-	175[3)]	143[4)]	-	310[5)]	124[6)]	-	752
TOTAL	2200	1356	911	900	1417[7)]	558[8)]	300[8)]	7642
COMS[9)]	3500	-	-	-	-	-	-	3500
SBC[10)]	75	-	-	33	0,5	-	-	108,5

[1)] 42 pentru fişier DBA, 195 pentru limbaje utilizator
[2)] PL1, 4GL, ASM
[3)] În majoritate 4GL
[4)] 4GL
[5)] PL1, ASM
[6)] PL1
[7)] 450 moştenite
[8)] Toate moştenite
[9)] Comerciale spaţiale (la comandă)
[10)] Sisteme bază de cunoştinţe (expert) în linii de reguli unitare

Circa 20% din forţa de muncă prevăzută iniţial a fost instruită la nivel de segment, a participat la toate fazele de omologare şi implementare, precum şi la instruirea restului de 80% din personal. Pentru tot personalul există 44 de tipuri de cursuri, de la 20 de zile până la 44 de zile (lucrătoare). Până în 1995, cursurile au fost urmate de 5 000 de cursanţi (unii specialişti au urmat mai multe cursuri), urmând a mai fi pregătiţi încă 1 000. În final, sistemul va fi deservit de 2 500 specialişti, care vor realiza produsele analogice şi digitale.

2.5 Concluzii

I. Dezvoltarea noii ştiinţe spaţiale

Analizând noile discipline ce urmează a se dezvolta (geoiconică, geomatică, geoştiinţe etc.), se observă similarităţi ale tendinţelor tehnologice listate drept operaţiuni de

cartografiere. Sunt necesare noi metodologii, noi tipuri de date raster, un volum crescut de date raster cu mai multe tipuri de rezoluții şi o trecere progresivă de la date la cunoştințe, respectiv de la SIG obişnuite la sistemele expert.

Reunirea tuturor disciplinelor într-o singură disciplină complexă (geoiconica) va duce şi la convergența şi unirea asociațiilor geodezice, fotogrammetrice, de teledetecție, cartografice etc., atât la nivel național, cât şi la nivel internațional.

Credem că se impun măsurile şi caracteristicile de mai jos.

Crearea unei ştiințe distincte a informațiilor spațiale, după o perioadă de evoluție a studiilor care până acum au părut a avea mai mult un aspect tehnologic. Aceasta va necesita o revizuire totală a modelării şi reprezentării spațiale. Cu toate că există în alte domenii, nu există o teorie pusă de acord a structurii şi reprezentării cunoştințelor pentru ştiința geospațială. Dacă aceasta se va dezvolta, va avea caracter de interdisciplinaritate.

Interdisciplinaritate şi multidisciplinaritate. Problemele spațiale ce se cer a fi rezolvate în noul context de dezvoltare nu pot fi rezolvate fără luarea în considerare a acestor două caracteristici. În SIG acestea vor caracteriza datele, procedurile, tehnologiile şi chiar produsele, inclusiv dacă acestea sunt surse pentru alte grupe de aplicații.

Interoperabilitate. Cu aspectul lor tehnologic, organizațional, politic etc., vor depinde de interoperabilitate: infrastructurile de date spațiale; sistemele şi indivizii; factorii juridici şi financiari; hărțile la mai multe scări şi generalizate diferit; bazele de date spațiale.

Transferul tehnologic. Există diferențe foarte mari între organizațiile aceleiaşi țări, dar mai ales între țările dezvoltate şi țările în curs de dezvoltare. Nu este necesar ca acestea din urmă să "reinventeze roata". Transferul tehnologic se impune, dar mai ales trebuie ca factorii de decizie dintr-o țară să înțeleagă necesitatea alocării de resurse pentru echipamentele, programele şi tehnologiile SIG, precum şi pentru cercetarea ştiințifică interdisciplinară de realizare şi utilizare a SIG.

Învățământul. Se impune revizuirea şi actualizarea programelor de învățământ pentru specialitățile implicate în dezvoltarea noii ştiințe şi introducerea unor noi discipline în aceste planuri, schimburile de studenți şi cadre didactice între marile universități ale lumii şi universitățile țărilor în curs de dezvoltare.

II. Aplicarea ştiinței geospațiale la nevoile societății

Noile cunoştințe spațiale se aplică deja la rezolvarea problemelor locale şi globale, dar de multe ori probleme punctuale cu anumite tehnici şi tehnologii, dar probabil acest lucru se datoreşte lipsei metodologiei de realizare şi utilizare a sistemelor informaționale geografice. Există nevoi mari, după cum se va arăta mai jos, de soluții geospațiale practice pentru problemele sociale, de mediu şi economice. Ultima schimbare este oscilația între dezvoltarea resurselor naturale şi menținerea unui mediu ecologic. Problema de mai sus va cere regândirea căilor de dezvoltare locală, regională şi globală. Fără îndoială că SIG va furniza datele şi informațiile necesare acestor noi abordări, procedurile de gestionare, analiză, afişare şi utilizare a datelor şi cunoştințelor.

III. Fotogrammetria, teledetecția şi cartografia în noua ştiință spațială

Cele trei discipline evoluează atât în teorie, cât şi în practică, dar sunt într-o etapă critică dată de noua abordare. Niciodată până acum valoarea potențială a geoimaginilor nu a

fost atât de mare – ca suport al structurii modelelor conceptuale ale realității, pentru explorarea şi analiza vizuală a problemelor şi pentru reprezentarea şi aplicarea cunoştinţelor şi soluţiilor. Dar toate acestea se întâmplă într-un fundament încă instabil al noii ştiinţe (teorii) la etapa de modelare sau combinare a datelor, pentru proiectarea noilor produse şi pentru utilizarea de către om a facilităţilor oferite. Creşterea potenţialului noilor proceduri şi al bazelor de date geospaţiale va duce la o redefinire şi recristalizare a celor trei discipline în paralel cu dezvoltarea noii teorii integratoare. Recentele dezvoltări privind vizualizarea geografică (şi incorporarea multimedia) ca o nouă cale a definirii folosirii geoimaginii în cercetarea prin explorare este un alt motiv pentru a păstra corpul experţilor în cele trei discipline. Un motiv suplimentar pentru cele de mai sus este tranziţia de la ceva bazat mai mult pe tehnologie la adevărata disciplină ştiinţifică integratoare, la o înţelegere mai adâncă a bazelor modelării şi ale altor reprezentări ale spaţiului.

IV. Mijloace tehnice ale noii concepţii

Automatizarea a avut un efect considerabil asupra creşterii calităţii datelor geospaţiale, calitate exprimată mai ales prin precizia de poziţionare a detaliilor şi prin toate tipurile de rezoluţii. Într-un sistem intră foarte multe mijloace tehnice, cu grad diferit de automatizare. Partea principală este calculatorul electronic. Excluderea operaţiunilor manuale duce la reducerea greşelilor şi erorilor. Introducerea determinării curente a poziţiilor cu sisteme de poziţionare globală şi exploatarea automată a geoimaginilor va duce la creşterea preciziei şi omogenităţii tuturor produselor digitale şi analogice realizate. În organizaţiile mari se renunţă deja la împărţirea sistemelor tehnice în fotogrammetrice, de teledetecţie sau cartografice. Chiar un subsistem fotogrammetric sau de teledetecţie are şi proceduri şi mijloace de reprezentare cartografice

A crescut şi numărul şi varietatea de mijloace de reprezentare a geoimaginilor. Performanţele de vizualizare, viteză de calcul, capacitate de memorie, rezoluţie şi precizie au o importanţă deosebită în selecţionarea echipamentelor ce se introduc într-un sistem informaţional geografic.

CAPITOLUL III. ASPECTE MATEMATICE ÎN REALIZAREA SIG

3.1 Utilizarea în SIG a teoriei informației

3.1.1 Introducere

Modelarea cartografică a apărut înaintea modelării SIG şi a constituit un adevărat ajutor pentru dezvoltarea acesteia din urmă. Atât pentru o geoimagine cât şi pentru o zonă a terenului care este domeniul de definiție al SIG se poate determina cantitatea de informație. De asemenea, elemente ale teoriei informației se pot folosi la adoptarea unei anumite metode de clasificare şi apoi de codificare (Nițu, C. 1992).

3.1.2 Determinarea cantității de informație a geoimaginilor sau a unei zone terestre

3.1.2.1 Clasificarea elementelor. Sisteme de clasificare

3.1.2.1.1 Coeficienți de corelație

Specialiştii SIG trebuie să-şi organizeze şi să să-şi clasifice elementele sistemului, datele geografice, datele statistice din componența acestora etc. Majoritatea sistemelor de clasificare, fie matematice, fie nematematice, utilizează: a) comparația între perechi de observații; b) separarea perechilor de observații în categorii în care există un grad general de asemănare. Sistemele matematice de clasificare sunt asemănătoare, de exemplu, calculând un coeficient a cărui valoare este o măsură a gradului de similaritate, bazat pe observațiile făcute. Coeficienții de similaritate au valori între –1 şi +1 şi formează pentru toate perechile de observații o matrice pătrată, simetrică, pozitiv definită. Coeficienții de similaritate pot fi de mai multe feluri.

Coeficient de corelație (arătând gradul la care observațiile a două variabile se apropie de o dreaptă când sunt proiectate ca puncte într-un plan),

Coeficientul de corelație al lui Pearson este dat de formula:

$$r = ((\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i)/n - \overline{X}\overline{Y})/S_x S_y \qquad (3.1)$$

unde: r- coeficientul de corelație; X_i, Y_i – variabile; X şi Y – mediile variabilelor; S_x şi Sy – abaterile standard ale variabilelor X şi Y, n – numărul de variabile.

Coeficientul se poate folosi, de exemplu, la determinarea legăturilor dintre grupele unei clase şi elementele componente ale acestor grupe.

Coeficientul de distanță arată că similaritatea dintre două elemente (de remarcat că distanța are aici sensul de normă, din geometria spațiului n-dimensional). Cu cât distanța este mai mică, gradul de similaritate este mai mare şi invers. Coeficientul este foarte utilizat în taxonomie (ştiința clasificării). În mod particular poate fi folosit cu succes la interpolarea

cotelor în puncte plane date, cunoscând cotele, un punct vecin sau a altor mărimi (Serediuc, 1996). În spaţiul n-dimensional distanţa D (norma) este :

$$D = (\sum_{i=1}^{n} (x_{i1} - x_{i2})^2)^{1/2} \tag{3.2}$$

(i=1,2, …, n).

unde: x_{i1} şi x_{i2} reprezintă coordonatele a două puncte în spaţiul cu n dimensiuni

Coeficientul de distanţă poate fi, de exemplu, inversul distanţei sau inversul unei puteri oarecare a distanţei.

d) *Coeficientul cosinus-theta* este utilizat pentru a face comparaţii între probe sau între variabile. Coeficientul exprimă similaritatea ca o relaţie unghiulară între două probe sau variabile reprezentate într-un sistem de coordonate multidimensional (unghiul dintre vectorii ce reprezintă cele 2 variabile). Unghiul poate varia de la 0 (similaritate completă cu coeficientul cos 0=1), până la π/2 (disimilaritate completă cu coeficientul 0).

Sunt şi alţi coeficienţi care pot fi folosiţi (de concordanţă, de asociaţie mixtă etc.).

3.1.2.1.2 Analiza grupărilor

Scopul analizei grupărilor este prezentarea relaţiilor din interiorul unei matrici de coeficienţi de similaritate. Aceasta se poate face în forma cea mai simplă prin ordonarea variabilelor într-o arborescenţă, în care elementele sunt astfel grupate, încât relaţiile să fie reprezentate, cel mai simplu, prin coeficienţi de similaritate. Analiza grupărilor se poate, de exemplu, aplica în cartografie, la împărţirea pe grupe a localităţilor, după numărul de locuitori. Tratarea în extenso a acestei probleme nu face obiectul lucrării de faţă. De remarcat că această analiză se poate face şi prin intermediul teoriei informaţiei.

3.1.2.1.3 Calculul cantităţii de informaţie a clasificării

Fiecărei clase îi corespunde un anumit înţeles (o semnificaţie). Dacă o anumită dată este introdusă într-o clasă, se poate determina cantitatea de informaţie specifică acelei date.

Cantitatea de informaţie H se determină cu formula:

$$D = (\sum_{i=1}^{n} (x_{i1} - x_{i2})^2)^{1/2} \tag{3.3}$$

unde m este numărul claselor, iar P_i probabilitatea (în cazuri practice frecvenţa) de apariţie a elementului în clasa dată.

Pentru n metode diferite de clasificare a aceluiaşi grup de date se poate determina şirul cantităţilor de informaţie $H_1, H_2, \ldots, H_n$. Se poate determina pentru fiecare metodă valoarea maximă α a cantităţii de informaţie $H_{1max}, H_{2max}, H_{3max}, \ldots, H_{n\,max}$. Entropia lor relativă este dată de rapoartele

$$H_{10} = H_1/H_{1max};\ H_{20} = H_2/H_{2max};\ \ldots\ ;\ H_{n0} = H_n/H_{n\,max} \tag{3.4}$$

şi redundanţele

$$R_1 = 1 - H_{10};\ R_2 = 1 - H_{20};\ldots\ldots\ldots;\ R_n = 1 - H_{n0} \tag{3.5}$$

În urma determinării tuturor caracteristicilor arătate, se pot trage concluzii asupra unei metode optime de clasificare. Pentru a exemplifica cele de mai sus, fie de clasificat localitățile rurale dintr-o zonă a țării noastre, după numărul de locuitori. O clasificare optimă se va obține atunci când redundanța este minimă. Metoda se poate aplica pentru clasificarea tuturor elementelor geoimaginii, zonei de teren, bazei de date a SIG etc., inclusiv, de exemplu, pentru alegerea tipului de date (vectoriale sau teserale).

Datele sunt prezentate în tabelul 3.1

Dintre metodele ce se pot folosi, se amintesc metodele progresiei aritmetice, progresiei geometrice, seriilor, cea utilizată în recunoaşterea formelor etc. Pentru exemplificare, în tabelul 3.2 sunt date clasele (intervalele) pentru clasificarea prin metoda mediei geometrice, şi valorile calculate ale parametrilor.

Tabelul 3.1 Populația localităților unei zone geografice

Nr. crt.	**Populație**	**Nr. crt.**	**Populație**	**Nr. crt.**	**Populație**	**Nr. crt.**	**Populație**
1	2021	9	3465	17	4798	25	5880
2	2327	10	3548	18	5009	26	6096
3	2645	11	3578	19	5031	27	6110
4	2805	12	3691	20	5122	28	8201
5	3018	13	3731	21	5171	29	9518
6	3120	14	3745	22	2346	30	9582
7	3210	15	3907	23	5417	31	10160
8	3435	16	4733	24	5618		

Tabelul 3.2 Valorile parametrilor pentru metoda progresiei geometrice

Intervale (clase)	**Număr localități**	**Frecvența (F_i)**	**$-log_2 F_i$**	**$-F_i log_2 F_i$**
2000-3000	4	0,129	0,889	0,381
3000-4500	11	0,355	1,495	0,531
4500-6550	12	0,387	1,369	0,530
6550-9825	3	0,097	3,369	0,327
9825-14438	1	0,032	4,950	0,158
	31	1,000		1,927

Pentru cazurile practice, în tabele se înlocuieşte P_i cu F_i. Cu mai multe metode folosite rezultă datele din tabelul 3.3.

Tabelul 3.3 Parametrii metodelor de clasificare

Metoda		Cantitatea de informație *H*	Entropia maximă	Entropia relativă	Redundanța
Progresiei aritmetice	5	1,684	2,322	0,725	0,275
Progresiei geometrice	5	1,927	2,322	0,830	0,170
Seriilor	7	2,635	2,807	0,939	0,061

Concluzia care rezultă este că se aplică metoda care dă redundanța minimă (pentru cazul din tabel, metoda seriilor, pentru care redundanța este 0,061).

3.1.2.2 Calculul cantității de informație a geoimaginii (bazei de date)

Conținutul informațional al unei zone de teren ridicate geodezic şi topografic, a geoimaginii-hartă a acesteia sau a bazei de date vectoriale, este dată de relația (3.6) (Schlage, 1996)

$$I = N \log_2 RNW \sum_{k=0}^{2} \sum_{i=1}^{N=k} M_{ki} P_{ki} q_{ki} t_{ki} \quad (3.6)$$

unde:

I – cantitatea de informație;
N – numărul de detalii individualizate;
R – perioada de existență a detaliului;
W – numărul de clase ale detaliului;
k – coeficient dimensional al "imaginii" detaliului (k=0 – pentru detalii punctuale, k=1 pentru detalii liniare şi k=2 pentru detalii de suprafață);
N_k – numărul de detalii k- dimensionale;
$M_{k,i}$ – numărul de puncte caracteristice ale unui detaliu (simbol);
P_{ki} – gradul de complexitate al detaliului (simbolului);
q_{ki} – coeficientul de importanță al detaliului (simbolului);
t_{ki} – numărul total de caractere din compunerea detaliului (simbolului).

Se pot aplica diferite strategii de alegere a unor valori pentru mărimile de mai sus, în funcție de factorii de decizie.

Cele de mai sus pot fi aplicate pentru calculul cantității de informație a unei zone de teren, a unei hărți digitale reprezentate prin date vectoriale şi a unei baze de date vectoriale SIG.

Aplicația poate fi făcută şi pentru fotograme digitale sau pentru înregistrări digitale de teledetecție, dar în acest caz formulele sunt cele de la punctul 3.2.1.3, cu observația că numărul de clase este dat de rezoluția radiometrică (numărul de trepte, de regulă, egal cu 256). Pentru o zonă dată, se înregistrează numărul de pixeli (M*N) şi numărul de benzi spectrale.

S-a făcut calculul doar pentru aproximativ a 20-a parte din suprafețele foilor de hartă la scările 1: 25.000, 1:50.000 şi 1:100.000, obținându-se datele din tabelul 3.4.

Din analiza valorilor din tabel se poate concluziona că pentru hărțile la scările 1:50.000 şi 1:100.000 a fost realizată o generalizare optimă. Din volumul mic de probe nu se pot extrapola concluzii pretențioase, dar cercetările ulterioare vor putea să aducă noi rezultate, pentru diferite zone ale țării şi pentru geoimagini de mai multe tipuri.

3.1.2.2.1 Coeficientul teoretic al generalizării SIG

Ca şi la generalizarea cartografică, şi în cazul SIG există procesul de generalizare a bazei de date. În primul rând, la realizarea SIG se acceptă o scară de bază a documentelor cartofotogrammetrice care sunt folosite ca sursă principală de culegere a datelor. În al doilea rând, pentru realizarea unor produse SIG, nu este indicat să se folosească toate datele din bază, acestea urmând a se generaliza. Scara documentului grafic rezultat determină regulile de generalizare. De asemenea, un SIG de bază poate fi utilizat pentru realizarea unor alte sisteme derivate, cu rezoluții corespunzătoare ale datelor.

Tabelul 3.4 Valorile cantităţii de informaţie pentru hărţi

Nr. crt.	Scara	Conţinutul inf 1/20	Conţ. inf. al foii	β_{ij}	β'_{ij}	$\Delta\beta_{ij}$	*G(%)*
1	1:25000	12625	50500	-	-	-	-
2	1:50000	5910	23640	0,5	0,468	0,94	0,006
3	1:100000	3194	12776	0,25	0,253	1,01	-0,01

Dacă şirurile de scări ale datelor sistemelor succesive sunt $k_1, k_2, ..., k_n$ ($k_1 > k_2 > ... > k_n$), şi cantităţile de informaţii corespunzătoare (pentru aceeaşi zonă) sunt $I_1, I_2, ..., I_n$. Dacă baza de date la scara k_i se transformă în baza de date la scara k_j, coeficientul real de generalizare β_{ij} este :

$$\beta_{ij} = M_i/M_j \tag{3.7}$$

unde M_i şi M_j reprezintă numitorii scărilor k_i şi k_j.
Se poate determina şi un coeficient virtual de generalizare ca un raport între cantităţile de informaţie :

$$\beta\check{}_{ij} = I_j/I_i \tag{3.8}$$

Optimizarea generalizării cartografice constă în a calcula raportul (3.9) dintre cei doi coeficienţi:

$$\Delta\beta_{ij} = \beta\check{}_{ij}/\beta_{ij} \tag{3.9}$$

şi a calcula parametrul $G = 1 - \Delta\beta_{ij}$. Normal ar trebui ca G să aibă valoarea nulă, dar nu este posibil aşa ceva. Se acceptă o generalizare optimă pentru o valoare a lui $|G| \leq 10$ %.

În cartografie se poate aplica metoda de mai sus, dar numai în cea digitală, când poate fi realizată harta digitală formată din date vectoriale. Pentru date raster, o generalizare se obţine prin variaţia rezoluţiilor spaţiale, radiometrică şi spectrală, urmând a fi tratată în studii vitoare.

La realizarea unor baze de date, determinarea cantităţii totale de informaţii a bazei poate fi calculată doar după popularea acesteia.

3.1.2.3 Codificarea detaliilor şi datelor

Între elementele detaliilor spaţiului terestru şi datele corespunzătoare acestora din baza de date a SIG trebuie să existe o corespondenţă biunivocă. Operaţia de codificare este strâns legată de clasificare. Este necesar a se codifica subdomeniile spaţiale ale geosferei (zonele), sarcina aceasta revenind geografiei poştale (Roessel, 1994; Niţu, C., 1992 şi 1997). În acest caz, detaliul areal supus codificării este parcela, respectiv casa sau blocul situate pe aceasta. În cazul blocurilor, un caracter suplimentar în cuvântul de cod va da şi poziţia pe verticală.

Trecerea de la coordonatele geografice, ale unui punct la cuvântul de cod al parcelei cu algoritmi specifici, astfel ca oricând să se poată face şi regăsirea parcelei după cuvântul de cod (USACE, 1990)

3.1.2.3.1 Baza matematică a codificării

Fie elementele mulţimii $X = \{ x_1, x_2, ..., x_n\}$. Aceste elemente trebuie să se codifice folosind elementele mulţimii $A = \{ a_1, a_2, ..., a_q\}$. Trecerea de la un sistem de semnale la alt sistem de semnale se numeşte codificare. Cu elementele mulţimii A se obţin combinaţiile, extensiile sau cuvintele de cod $S = \{ s_1, s_2, ..., s_n\}$, ca de exemplu pentru elementele x:

$$x_1 \Leftrightarrow a_1\, a_3\, a_2\, a_4 = s_1$$
$$x_2 \Leftrightarrow a_1\, a_2\, a_4\, a_7\, a_q = s_2 \quad (3.10)$$

$$x_n \Leftrightarrow a_3\, a_7\, a_q = s_n$$

Un cod este o aplicaţie bijectivă, respectiv corespondenţa biunivocă între elementele mulţimilor X şi S. Codificarea uniformă presupune că toate secvenţele de cod au aceeaşi lungime, respectiv un număr constant de simboluri. Problema de bază a codificării uniforme este dimensionarea cuvintelor de cod, astfel încât pentru o anumită lungime n şi un anumit număr de simboluri elementare Q să se poată crea un repertoriu de cuvinte de cod $s_i \in S$, suficient pentru a asigura corespondenţa tuturor simbolurilor $x_i \in X$. Pentru a stabili numărul N de secvenţe distincte de lungime n ce se pot crea din Q simboluri elementare, un simbol putând apărea într-o secvenţă de i ori, se aplică formula combinărilor cu repetiţie:

$$N = Q^n \quad (3.11)$$

Trebuie ca $N \geq P$, unde P reprezintă numărul de obiecte dintr-o clasă care sunt supuse codificării, de exemplu numărul de detalii topografice (geografice) ale SIG. După valoarea lui Q rezultă şi denumirea codificării (Q = 2 – binară, Q = 3 – ternară, Q=10 – zecimală etc.). Condiţiile unei bune codificări sunt neambiguitatea; să fie adaptată la condiţiile pentru care a fost creată; să permită extensii şi inserţii; cuvintele de cod să fie concise, să nu fie lungite inutil.

După tipurile de codificări, utilizatorul poate alege una sau mai multe, în funcţie de scopul propus. Codificarea secvenţială se alege pentru aplicaţii reduse, cu număr mic de detalii şi date SIG. Această codificare permite extensii, dar nu permite inserţii. Codificarea pe loturi constă în aceea că unei mulţimi de obiecte SIG care aparţin unei clase i se asociază un lot de coduri. Codificarea permite şi inserţii şi extensii. În codificarea partajată secvenţa de coduri se împarte în zone, fiecare zonă având o semnificaţie aparte. Codificarea erarhizată este pe nivele ca în cazul codificării partajate, dar nivelele sunt în relaţii de subordonare (vezi clasificarea arborescentă). Codificarea mnemonică se foloseşte şi ea în SIG, dar fără extindere (ex. de mnemonice – SITOPO, SIGAT etc.).

Şi în cazul codificării se pot aplica formulele cantităţii de informaţie, entropiei, redundanţei. În formula cantităţii de informaţie H se vede că aceasta este maximă când probabilităţile sunt egale. Redundanţa este maximă pentru valoarea maximă a entropiei. Se obţine în acest caz o codificare cu redundanţă scăzută.

Valorile codurilor pot fi verificate cu algoritmi adecvaţi, prin adăugarea la codificare, respectiv refacerea la decodificare a unei cifre de control, care depinde de celelalte cifre (simboluri) ale cuvântului de cod.

În SIGAT s-au propus mai multe tipuri de codificări ale detaliilor şi datelor SIG, avănd în vedere şi legăturile cu sistemele altor ţări.

Un caz aparte îl constituie codificarea binară, în care se rezervă, pentru diferite nivele ale caracteristicilor, un număr de cifre binare. Elementele clasificate se împart în $2n$ grupe, fiecare grupă în $2k$ subgrupe ($k<n$) ş.a.m.d. Este sistemul cel mai apropiat de reprezentarea în calculator a numerelor. În SIG se aplică, de exemplu, la codificarea nivelelor de gri ale pixelilor şi la codificarea arborescenţelor. Pe acelaşi principiu se bazează şi codificarea zecimală. Avantajele sistemelor binar şi zecimal de codificare sunt: extragerea uşoară a detaliilor unei grupe sau subgrupe printr-o singură sortare a articolelor; posibilitatea obţinerii automate a centralizărilor de mai multe grade; posibilitatea clasificării complexe a datelor după mai multe caracteristici împletite între ele; asigurarea unei eficienţe maxime a prelucrării datelor; posibilitatea controlării datelor pentru fiecare caracteristică, prin limitarea posibilităţii de apariţie a unui cuvânt de cod la un anumit indicator; ţin seama de eventualele extinderi al unei clasificări prin introducerea cuvintelor de cod nou apărută; obţinerea unei informaţii mai complete în comparaţie cu celelalte sisteme de codificare. Un dezavantaj este acela al exprimării cuvintelor de cod prin numere destul de mari, dar acest lucru este ascuns pentru utilizatorii SIG.

În cuvintele de cod pot fi regăsite părţi care se referă la identificarea detaliului sau datei şi părţi care se referă la produsele şi procesele tehnologice care aparţin SIG. Partea de identificare personalizează detaliul sau data şi este, de regulă, transparentă pentru utilizator. Celelalte părţi pot fi folosite la vizualizarea sau nu a unui detaliu pe anumite produse, la generalizarea detaliului într-o bază de date a unui SIG integrator etc.

3.1.2.3.2 Soluţii de introducere a cuvintelor de cod

În procesul de culegere, editare şi utilizare a datelor şi informaţiilor geografice se pot accepta mai multe soluţii. Pentru surse şi produse se utilizează inscripţionarea acestora cu cuvinte de cod reprezentate atât numeric, cât şi grafic, printr-un şir de segmente paralele de grosimi diferite. Citirea cuvântului de cod se face cu cititoare optice de semne, decodificarea realizându-se uşor cu un program special.

Pentru culegerea, editarea, prelucrarea şi utilizarea datelor se folosesc meniuri grafice, reprezentate ca subdomenii ale ferestrelor de lucru pe ecranele grafice, soluţie aleasă şi de către autor. O variantă tot mai rar folosită este cea a utilizării meniurilor desenate, în special la culegerea datelor prin digitizare vectorială. Pentru culegerea datelor prin metode fotogrammetrice s-au realizat tastaturi cu funcţii speciale. Aici se pot folosi şi tastaturile obişnuite ale sistemelor de calcul, dar cu suprapunerea peste taste a unei măşti cu noile funcţii ale acestora.

3.1.3 Concluzii

Modelarea cartografică poate fi utilizată cu succes în modelarea SIG. Pentru o zonă a terenului care este domeniul de definiţie al SIG, respectiv pentru baza de date şi pentru toate produsele, analogice sau digitale, se poate determina cantitatea de informaţie. Această valoare poate fi folosită apoi pentru o caracterizare obiectivizată a zonei, comparativ cu alte zone sau cu evoluţia sa în timp. Sunt necesare studii suplimentare pentru aplicarea metodei descrise şi în generalizarea cartografică, utilizată şi la realizarea hărţilor folosind datele SIG.

Elemente ale teoriei informaţiei se pot folosi la adoptarea unei anumite metode de clasificare şi apoi de codificare. S-a tratat întâi clasificarea, cea care precede sau intră în cadrul codificării. Codurile de identificare pot fi combinate cu codurile ce determină prelucrările la care sunt supuse datele. Soluţia este de mare ajutor la organizarea sau structurarea datelor geografice pe obiecte.

3.2 Algoritm de căutare a domeniului ortogonal generalizat folosind aproximarea pe straturi a spațiului multidimensional

3.2.1 Introducere

Au fost dezvoltați algoritmi de căutare în domeniul plan (Yang, 1992; Lee şi Yang, 1993). S-a arătat faptul că programele SIG nu au implementate cu predilecție funcțiile de haşurare a poligoanelor, prezente totuşi în programele de cartografiere automată (Nițu C., 1992). Căutarea în domeniul plan este necesară şi în implementarea unor alți algoritmi specifici sistemelor informaționale spațiale. Extinderea poate fi făcută pentru spațiul multidimensional, concepția teoretică fiind deja sugerată de către autorii de mai sus, unele soluții fiind deja utilizate în proiectarea asistată de calculator. În analogie multidimensională, problema aproximării pe straturi a spațiului nD are ca scop simplificarea algoritmului de căutare în spațiul multidimensional, având în vedere şi structura de date.

Cazul cel mai general este căutarea într-un dreptunghi (dintr-un plan), care se roteşte în spațiu, iar cazul mai complex este când un poligon oarecare (dintr-un plan) este rotit în spațiu. Un asemenea dreptunghi sau mai general poligon constituie o fereastră. Necesitatea folosirii ferestrei neregulate apare când distribuția datelor sau zona de interes nu au frontierele paralele cu axele (planurile) de coordonate (cazul normal din cartografie). Metoda clasică de căutare într-o asemenea fereastră este de a folosi un dreptunghi care cuprinde poligonul oarecare (testarea apartenenței unor puncte la acest dreptunghi înconjurător), care îngreunează căutarea. Algoritmul propus elimină necesitatea de folosire a unui dreptunghi acoperitor şi de testare a apartenenței unui punct la un poligon, care sunt mari consumatoare de timp şi de alte resurse ale calculatorului pentru un număr mare de puncte (cazul întâlnit în cartografie şi SIG).

3.2.2 Fereastra neregulată de căutare

Prin fereastră neregulată de căutare se înțelege una din următoarele situații: un poligon care are toate laturile sale paralele cu axele de coordonate (figura 3.1 a); orice poligon din plan astfel ca o linie de scanare (baleiere) în poligon pe direcția axei y să intersecteze frontiera poligonului doar în două puncte (figura 3.1 b); o combinare a primelor două condiții sau cazuri, respectiv un poligon general, neregulat, unde linia de scanare intersectează frontiera poligonului în mai mult de 2 puncte, când punctele de intersecție sunt chiar vârfurile poligonului (capetele laturilor paralele cu axele de coordonate sau înclinate față de acestea, figura 3.1 c). De notat că algoritmul, rezolvând cazurile de mai sus, rezolvă şi cazul căutării în ferestre ortogonale. Cazul cel mai complex este cel din figura 3.1 d. Analiza preliminară a arătat că optimizările pentru soluțiile ce implică valori multiple ale abscisei x pentru o linie de baleiere pe ordonata y (cu excepția cazurilor definite mai sus), pot să nu fie mai bune decât cele ale algoritmilor convenționali din geometria computațională. Concepția algoritmului se bazează mai întâi pe optimizările posibile de secvența codificării pe şiruri (în şir, după indici) şi bazate pe faptul că se doreşte să se construiască o suprastructură de date, pe lângă structura existentă. Din analiză a rezultat că ordonarea ca şir cu folosirea unei structuri tabel (listă) de date, trebuie să preceadă folosirea ferestrelor de căutare care au goluri sau sărituri pe liniile de scanare. Este necesar ca atunci când căutarea urmăreşte o linie de scanare fereastra de scanare să fie continuă peste linia de scanare, dacă nu este întreținută o structură (dacă nu sunt întreținute nişte structuri) de date care să păstreze urma săriturilor (care ar distruge golul reprezentării).

3.2.3 Descrierea generală a algoritmului

În descrierea algoritmului se doreşte a se începe cu cazul din figura 3.1 a, unde laturile sunt paralele cu axele de coordonate, se trece la cazul general din figura 3.1 c, unde laturile pot fi sau nu paralele cu axele. Motivul pentru această abordare este de a se permite să se vadă cum creşte în complexitate concepția de căutare pe măsură ce definirea ferestrei variază de la un poligon cu laturi paralele cu axele până la un poligon general de căutare.

Schema de căutare împarte căutarea în două ramuri de laturi conectate (figura 3.2). Partea *ramura_din_dreapta* constă din vârfurile V_2, V_3, ..., V_h; unde h este indicele pentru vârful cu codul cel mai mare din şir dintre vârfurile poligonului (acesta se determină prin căutarea valorii maxime y luând în considerație abscisele x ale punctelor). Partea *ramura_din_stânga* constă din vârfurile V_{h+1}, V_{h+2}, ..., V_m, V_1, unde m este numărul total de vârfuri ale poligonului. Se rețin de program, în două tablouri sau în două variabile simple de identificare, situațiile laturilor poligonului, de la începutul şi până la sfârşitul căutării. Variabilele simple de identificare fac să se cunoască de către program ce laturi curente sunt incluse în cele două ramuri. Variabila *ramura_din_dreapta_var* memorează vârfurile *coadă* şi *cap* ale laturii curente din *ramura_din_dreapta*, pe când *ramura_din_stânga_var* memorează vârfurile curente din *ramura_din_stânga*. La începutul căutării, *ramura_din_dreapta_var* ia valorile coordonatelor vârfurilor [V_2, V_3], iar *ramura_din_stânga_var* pe cele ale vârfurilor [V_1, V_m].

Sunt calculate codurile LE şi HE şi informația omoloagă inițială (stratul inițial din fereastra n-dimensională). Strategia de căutare constă în găsirea tuturor punctelor de pe linia de scanare între latura din stânga şi latura din dreapta curente ale ferestrei de căutare.

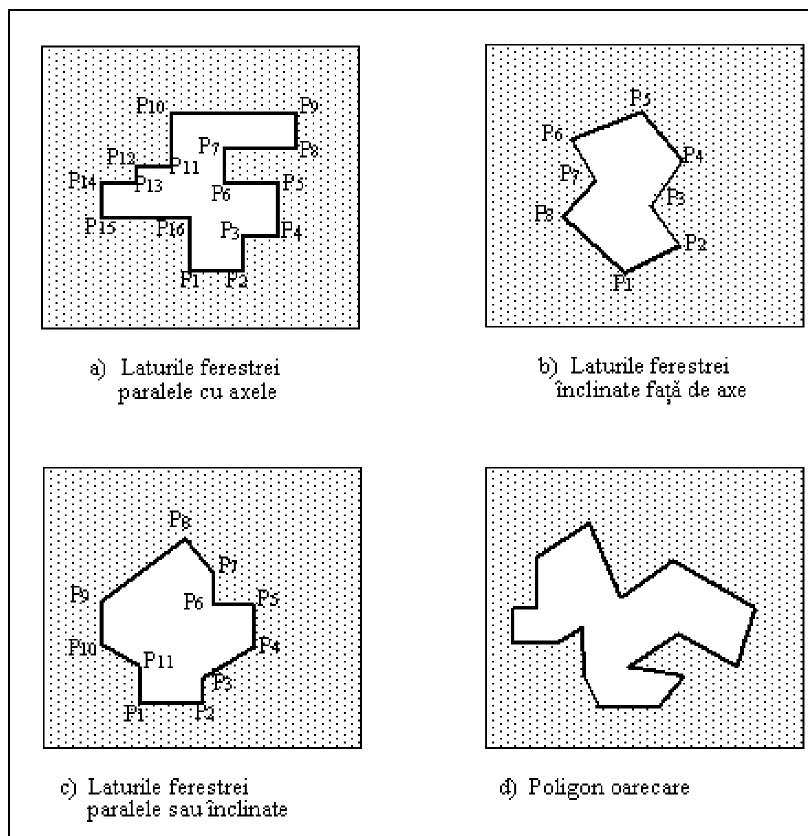


Fig. 3.1 Fereastra generalizată de căutare

Latura din stânga constituie punctele de intrare în fereastra de căutare, care pentru o fereastră de căutare complet populată corespunde locului geometric al punctelor de deplasare pe direcția y. Latura din dreapta (sau *ramura_din_dreapta*) conține punctele extreme din

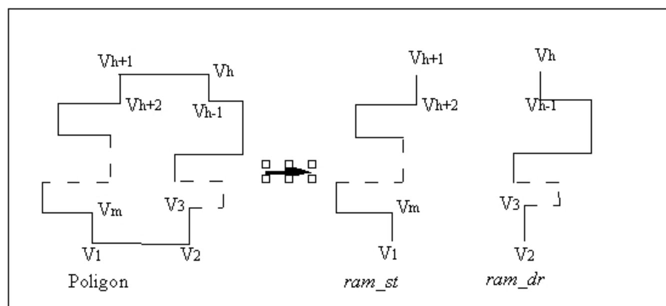


Fig. 3.2 Fereastra de căutare - ramura_din_stanga şi ramura_din_dreapta

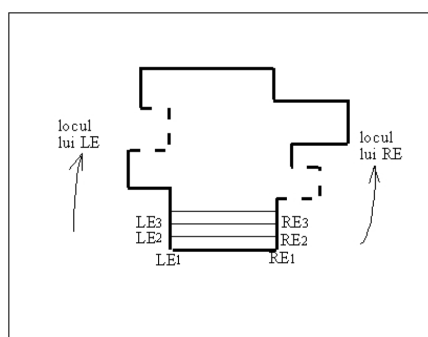


Fig. 3.3 Zonele punctelor LE şi RE

dreapta (RE) ale ferestrei de căutare (figura 3.3).

Căutarea începe cu o accesare directă la punctul LE sau de la punctul cel mai apropiat (DP) de el (dacă LE nu este găsit în lista de puncte). Punctul accesat este luat în considerație dacă indicele din şir este mai mic sau egal cu cel al lui LE, este accesat secvențial punctul următor şi este repetat recursiv (iterativ) testul de includere între cele două puncte extreme ale liniei de scanare, până când este găsit un punct (OUT) în afara segmentului definit de cele două puncte (aceasta dacă ordinea din şir este mai mare decât a lui RE, punctul din dreapta de pe linia de scanare). În testul descris, un punct ce este în afară (OUT) nu înseamnă că acesta nu este în fereastra de căutare, ci doar pentru linia curentă de scanare. Dacă un punct este mai mare decât RE, atunci se caută următorul punct LE (sau punctul dinainte FP) şi punctul corespunzător RE. Următorul punct dinainte este în stratul curent dacă codul (indicele) lui DP este mai mic decât al omologului HE, caz în care este folosită funcția *fwdpnt1* pentru a calcula FP, în caz contrar, este folosită funcția *fwdpnt2* pentru a calcula FP într-un nou strat, şi este actualizată informația stratului. Mai jos va fi explicat şi rolul variabilelor *ramura_din_dreapta_var* şi *ramura_din_stanga_var.* Mai jos este scris algoritmul în *pseudocod.*

Algoritmul în pseudocod este următorul:
Read numar de dimensiuni, alte valori întregi **and** lista de intrare coduri (indici)
    Define poligon fereastra cautare
        Determine *ramura_din_dreapta* and *ramura_din_stanga*
    Compute codurile **of** LE **and** HE
Determine Informatia Omoloaga initiala

```
Begin Range Search
    While (Input Data List != NULL && Code-LE <= Code-HE)
        Compute RE
            Access LE or Cel_mai_apropiat DP Directly
                If (Code-LE <= Code-DP <= Code-RE) {
                    Retrieve DP
                        Take next DP Sequentially
                }
                Else {
                    If (Code-DP < Homolog-HE) {
                        Compute next FP using
                        fwdpnt1 Function
                    }
                    Else (Code-DP >= Homolog-HE) {
                        Compute next FP using
                        fwdpnt2 Function
                      Determine new Informatia Omoloaga
                    }
                }
            Set new Code-LE = Code-FP
    EndWhile
End Range Search
```

3.2.4 Elemente de proiectare a algoritmului

Deşi concepţia algoritmului este luată de la cazul 2D (Lee şi Agi, 1994), sunt necesare câteva precizări pentru cazul de faţă, privind particularităţile de proiectare. Potrivit celor trei cazuri ilustrate în figura 3.1, detaliile de proiectare variază în complexitate pentru fiecare caz. Se va analiza cazul cel mai simplu şi diferenţele ce duc la soluţiile cazurilor mai complicate. S-ar putea justifica această abordare prin faptul că atâta timp cât timpul de căutare (de răspuns) variază în funcţie de complexitatea ferestrei de căutare şi unele aplicaţii pot să nu necesite configuraţii mai complexe, este de ajuns să se dea soluţia eficientă problemei de căutare a unui subdomeniu într-un domeniu spaţial. Pe lângă rezolvarea completă.

3.2.4.1 Specificarea ferestrei de căutare

Datele iniţiale care specifică fereastra de căutare sunt cele ale unui poligon planar şi coordonatele n-dimensionale ale unui punct de maxim HE. Diferenţa dintre cele trei forme ale ferestrei de căutare din figura 3.1 este aceea că pe când în cazul (a) vârfurile poligonului sunt astfel definite, încât punctele vecine au una din coordonatele x şi y comună, în cazul (b) nu există această caracteristică, iar cazul (c) combină primele două cazuri.

În toate cazurile fereastra de căutare este specificată explicit prin coordonatele n-dimensionale ale vârfurilor, iar în cazul 2D şi prin punctarea cu locatorul pe ecranul grafic. Punctul de minim LE este determinat prin calcul căutând vârful cu valoarea cea mai mică a lui y sau se consideră identic cu P_1 de către utilizator dacă nu există vreo confuzie (vezi figura).

3.2.4.2 Testul de includere în fereastră

Se cunoaşte algoritmul pentru spaţiul 2D (algoritmul *punct_în_poligon*). Când numărul de vârfuri m este foarte mare şi acolo sunt probleme cu timpul foarte mare de căutare dacă se aplică testul pentru fiecare punct accesat. În algoritmul de faţă se testează doar dacă

punctul este pe linia curentă de scanare şi dacă se află între cele două extreme, respectiv între cele două laturi cu y constant, din dreapta sau din stânga. Este uşor să se determine valoarea RE odată ce a fost determinat punctul dinainte (figura 3.3) dacă latura ferestrei este înclinată sau paralelă cu axa de coordonate.

3.2.4.3 Determinarea punctelor dinainte (FP)

Determinarea următorului punct dinainte (FP) apare când este găsit un punct (DP) în afara segmentului din spaţiul datelor. Cele două cazuri de determinare a lui FP sunt: (1) determinarea când punctul DP pentru care se face testarea (căutarea) dacă e în afara segmentului este sub punctul extrem omolog HE, utilizându-se funcţia *fwdpnt1*; (2) determinarea lui FP când punctul DP este deasupra lui HE, utilizându-se funcţia. *fwdpnt2*

Schema pentru *fwdpnt2* rămâne aceeaşi ca şi pentru căutarea în domeniul ortogonal. Aceasta deoarece concepţia de împărţire pe straturi a spaţiului de aplicare nu impune în mod necesar o schemă diferită; accesul la date de la strat la strat rămâne acelaşi ca concepţie şi mod de implementare.

Totuşi schema pentru funcţia *fwdpnt1* este alta. Poziţiile posibile ale lui DP care ar necesita calculul punctului dinainte următor în cazul ferestrei rectilinii sunt arătate în figura 3.4. Un punct OUT în afară poate fi localizat în dreapta (DP_1 sau DP_{1a}), în stânga (DP_2 sau DP_{2a}), înăuntrul (DP_3 sau DP_{3a}) sau deasupra punctului extrem omolog HE (DP_4) ale ferestrei.

DP_1 (sau DP_2) corespunde situaţiei când DP este în dreapta (sau în stânga) ferestrei şi laturile curente stângă şi dreaptă nu s-au modificat, pe când DP_{1a} (sau DP_{2a}) corespunde cazului când latura din dreapta sau/şi latura din stânga s-au modificat. DP_3 corespunde cazului când OUT DP este înăuntrul ferestrei, dar când nu s-au modificat laturile din dreapta şi din stânga, pe când DP_{3a} este poziţia echivalentă pentru cazul schimbării laturilor din stânga şi din dreapta ale ferestrei de căutare. De reţinut că această situaţie este posibilă datorită faptului că testul de includere verifică doar existenţa între punctele extreme LE şi RE ale liniei de scanare. În schimb toate celelalte poziţii presupun calculului punctului dinainte în stratul curent, DP_4 care coresponde când OUT DP este deasupra punctului extrem omolog HE, duce la calculul lui FP în alt strat (de reţinut că acest lucru e posibil chiar când DP_4 este în alt strat). Pentru a rezolva problema ambelor cazuri privind poziţia lui OUT DP, fereastra de căutare este împărţită în două ramuri: *ramura_din_dreapta* şi *ramura_din_stanga*. Într-o variabilă se păstrează pentru fiecare ramură un indicator al ramurii active, cea dreaptă sau cea stângă. Variabilele sunt denumite *ramura_din_dreapta_var* sau *ramura_din_stanga_var* şi sunt iniţializate înaintea începerii căutării. Pe când calculul lui FP după întâlnirea situaţiei DP_1 sau DP_2 sau DP_3 nu necesită actualizarea variabilelor indicator, în schimb pentru DP_{1a} sau DP_{2a} sau DP_{3a} este necesară actualizarea informaţiei referitoare la laturi. Apoi este calculat FP, atribuind ordonatei y valorea $Y_{DP} + 1$, în cazul punctelor DP_1 sau DP_{1a}, respectiv Y_{DP}, în cazul punctelor DP_2, DP_{2a}, sau DP_{3a}. În toate cazurile abscisei x a lui FP i se atribuie valoarea abscisei x a laturii curente (sau actualizate). Toate celelalte coordonate ale lui FP au aceleaşi valori ca şi pentru stratul curent (sau pentru noul strat în cazul lui DP_4). Un alt aspect care e luat în consideraţie ca detaliu la stabilirea algoritmului este de a se reţine dacă actualizarea laturilor (informaţiei despre laturi) depinde de forma ferestrei. Acest fapt este ilustrat în figura 3.5. Condiţiile care determină actualizarea informaţiilor referitoare la laturi sunt următoarele: Pentru *ramura_din_dreapta*, se actualizează informaţia indicator la (1) ($Y_{DP} == Y_{rtop} - 1$) if ($X_{DP} > X_{rtop}$ and $X_{rtop} < X_{rtop} + 1$); unde rtop este vârful de

capăt al ferestrei curente din dreapta, ce rezultă din *ramura_din_dreapta_var*. Un exemplu al acestei situații este ilustrat de DP_1 în figura 3.5 a. Vârful de capăt al laturii ce include DP_1 este P_3, şi forma ferestrei de căutare arată că următoarea latură verticală [P_4, P_5] se ramifică spre dreapta făcând ca abscisa x a primei laturi (de ieşire) să fie mai mică decât abscisa x a celei de a doua laturi (care intră). Pentru aceasta, căutarea la nivelul lui Y_{top} trebuie să înceapă cu o nouă latură. (2) Pe de altă parte , *ramura_din_dreapta_var* este actualizată cu valoarea ($Y_{DP} == Y_{rtop}$) if ($X_{DP} > X_{rtop}$ and $X_{rtop} > X_{rtop + 1}$), aşa cum se exemplifică prin DP_3 în figura 3.5 a, şi, if ($X_{DP} < X_{rtop}$ and $X_{rtop} < X_{rtop + 1}$), aşa cum se exemplifică prin DP_1 în figura 3.5 b. (3) Variabilei *ramura_din_dreapta_var* i se atribuie valoarea ($Y_{DP} > Y_{rtop}$) if ($X_{DP} < X_{rtop}$ and $X_{rtop} > X_{rtop + 1}$), ca pentru DP_3 din figura 3.5 b.

Pentru *ramuru_din_stanga*, se atribuie valoarea la (1) ($Y_{DP} = Y_{ltop} - 1$) if ($X_{DP} > X_{rtop}$ and $X_{ltop} > X_{ltop + 1}$); unde *ltop* este vârful de capăt al laturii curente din stânga dat în *ramura_din_stanga_var*.

Acest caz este ilustrat de punctul DP_2 în figura 3.5 a. (2) Variabila *ramura_din_stanga_var* ia valoarea ($Y_{DP} == Y_{top}$) if ($X_{DP} > X_{rtop}$ and $X_{ltop} < X_{ltop + 1}$), exemplificat prin punctul DP_4 în figura 3.5 a, sau if ($X_{DP} < X_{rtop}$ and $X_{ltop} > X_{ltop + 1}$) exemplificat prin DP_2 în figura 3.5 b. (3) Actualizarea variabilei *ramura_din_stanga_var* e făcută cu ($Y_{DP} > Y_{ltop}$) if ($X_{DP} < X_{rtop}$ and $X_{ltop} < X_{ltop + 1}$), exemplificată prin punctul DP_4 în figura 3.5 b.

Pentru cel de al doilea caz al formei ferestrei de căutare (figura 3.1 b), trebuie făcute câteva modificări algoritmului de mai sus pentru calcularea punctului dinainte următor. Pe

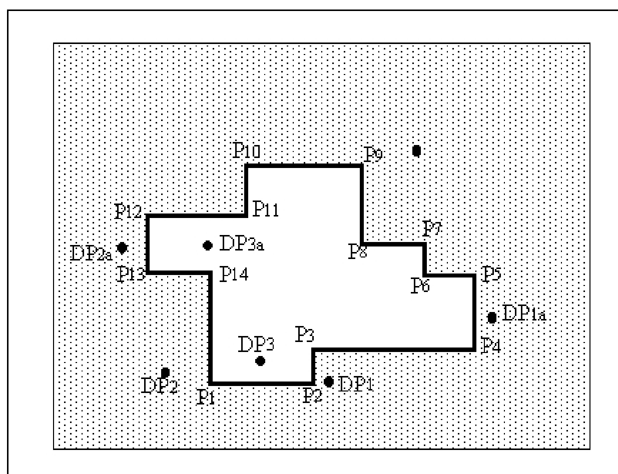


Fig. 3.4 Determinarea punctului FP – pozițiile lui Dp_{out}

când încă menținem variabilele *ramura_din_dreapta*, *ramura_din_dreapta_var*, *ramura_din_stanga* şi *ramura_din_stanga_var*, laturile nu mai sunt verticale şi P_1 (punctul inferior) şi P_5 (punctul superior) sunt acum comune ambelor ramuri (figura 3.6).

Când s-a găsit un punct în afară, precum DP_1 sau DP_2, este determinat următorul punct LE ca intersecția dintre latura activă din stânga şi linia următoare de scanare şi RE ca intersecție a laturii active din dreapta şi aceeaşi linie de scanare (cazul lui DP_2). Pe măsură ce este găsit un punct în afară, următorul LE este determinat ca o intersecție a liniei curente active din stânga, recte RE a liniei active curente din dreapta cu linia de scanare. Informația

referitoare la laturi este actualizată pentru ambele ramuri, din stânga şi din dreapta, pe măsură ce este găsit un punct exterior (OUT) care este în afara laturilor din stânga şi din dreapta (vezi DP3 sau DP4).

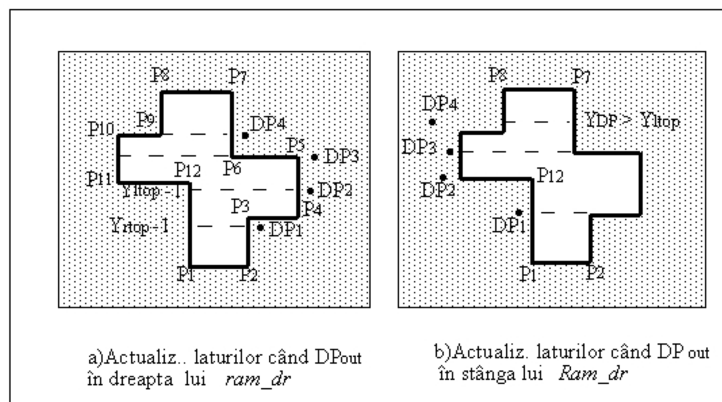


Fig. 3.5 Actualizarea informaţiei referitoare la laturi

Pentru a integra primele două cazuri descrise mai sus într-o singură fereastră de căutare ca cea din cazul c, trebuie introduse condiţiile ce folosesc valorile absciselor x ale vârfurilor capete ale fiecărei laturi, pentru *ramura_din_dreapta,* şi respectiv *ramura_din_stânga*, pentru a păstra urma unde o latură este înclinată sau rectilinie. De exemplu (figura 3.7), dacă latura din dreapta (sau din stânga) are aceeaşi abscisă pentru punctele de capăt, atunci latura e verticală şi calculul e simplu pentru RE (sau LE) când

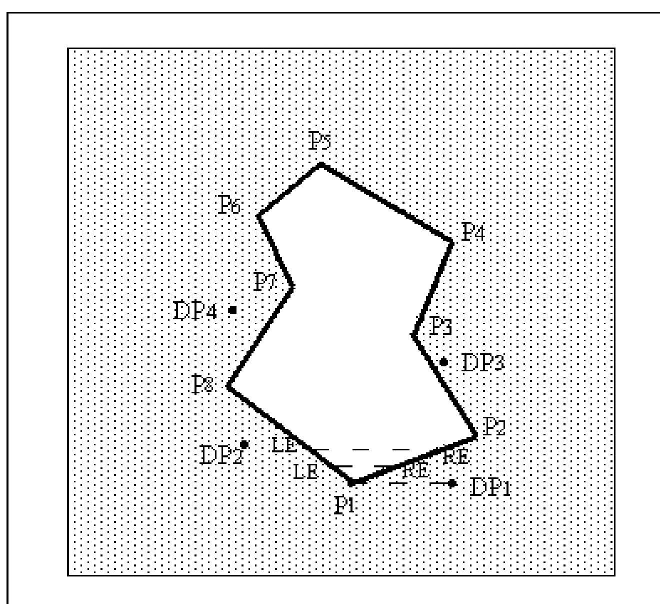


Fig. 3.6 Calculul lui FP şi RE în fereastra cu laturi înclinate

căutarea se face în domeniul acestei laturi (vezi între P3 şi P4 sau între P12 şi P11). Pe de altă parte, dacă latura are abscise diferite pentru capete, se foloseşte intersecţia liniei de scanare cu linia înclinată.

3.2.5 Performanța în 2D

Timpul de prelucrare preliminară este *O(NlogN)* şi de memorare este *O(N)*. Timpul pentru determinarea punctelor dinainte FP (sau LE) şi a corespondentelor lor RE este $O(2Y_{range})$, iar timpul de regăsire a punctelor LE sau a punctelor celor mai vecine este $O(Y_{range} logN)$. Timpul de realizare a testului de incluziune (apartenență) a devenit nesemnificativ pentru soluția adoptată, reducându-se la comparații simple pentru a deduce dacă DP este între LE şi RE. Alt factor care ar putea fi semnificativ, dependent de numărul de vârfuri ale poligonului, este timpul de actualizare a informației referitoare la laturi. Şi aici sunt făcute comparații pentru a verifica dacă ordonata *y* a punctului DP este în afară (OUT), este mai mare decât ordonata *y* a capătului curent al laturii din dreapta sau din stânga. Acesta este un timp constant care se înmulţeşte cu numărul de laturi ale ferestrei de căutare. Dacă sunt *e* laturi ale ferestrei, atunci timpul de actualizare a informațiilor referitoare la laturi este proporțional cu *O(e)*. De aceea timpul total de căutare pentru o fereastră din spațiul 2D este dat de relația (3.12)

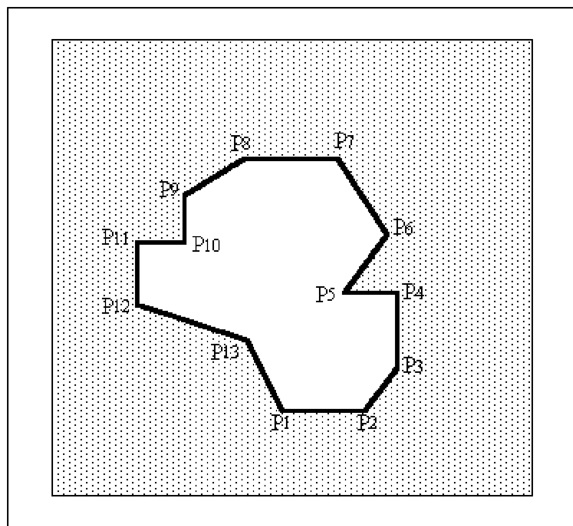


Fig. 3.7 Calculul lui FP şi RE în fereastra integrată

$$\text{Timp de căutare} = O(I + e + 2Y_{range} + Y_{range} \log N) \qquad (3.12)$$

unde *I* este numărul de puncte găsite în fereastra de căutare.

Cel mai defavorabil caz al acestui timp de căutare este când fiecare factor al relației este maxim. Cazul cel mai defavorabil este când fiecare dintre factorii relației este maxim. Variabilele. *I*, Y_{range} şi *N* au valori maxime când spațiul datelor este complet populat, iar *e* este maxim când informația referitoare la laturi trebuie actualizată pentru fiecare unitate de creştere a ordonatei *y* (adică pe fiecare linie de scanare ce cade în fereastra de căutare). În acest caz *I* este "suprafața" (sau suma punctelor de rezoluție ale fiecărei linii de scanare limitată de fereastra de căutare), *N* ese produsul numerelor de coordonate *x* şi *y*, iar *e* este egal cu dublul numărului de valori Y_{range} (figura 3.8). Ca atare există relația:

$$\text{Timp de căutare} = O(I + 4Y_{range} + Y_{range} \log(XY)) \qquad (3.13)$$

La desenarea automată a semnelor convenționale areale se va descrie programul întocmit pe baza algoritmului descris mai sus.

3.2.5.1 Performanțe în spațiul nD

Deoarece s-a arătat că neregularitatea şi numărul de laturi ale ferestrei nu influențează determinarea stratului următor, atunci când se termină căutarea în stratul curent, este suficient să se înmulțească timpul de căutare pentru spațiul 2D cu timpul consumat pentru determinarea

stratului ca în algoritmul de căutare ortogonală, pentru a obține timpul de căutare pentru cazul nD. Acest timp este dat de relația :

$$\text{Timp de căutare} = O(n^2 m(I + e + 2Y_{range} + Y_{range} \log N)) \tag{3.14}$$

unde n = numărul de dimensiuni, m = numărul de straturi (dat de produsul de şiruri de ferestre de la 3D la nD).

Pentru cazul cel mai dezavantajos, relația devine:

$$\begin{aligned}\text{Timp de căutare} &= O(n^2 m(I + 4Y_{range} + Y_{range} \log N)) \\ &= O(n^2 \sum_{i=3}^{n} i_{range}(I + 4\,Y_{range} + Y_{range} \log(\sum_{i=0}^{n} i_{max}))) \\ &= O(n^2 \sum_{i=0}^{n} i_{range}(I + \frac{4}{X_{range}} + \frac{\log(\sum_{i=0}^{n} i_{max})}{X_{range}}))\end{aligned} \tag{3.15}$$

Atâta timp cât se consideră că valoarea constantei n^2 este mai mică decât produsul indicilor, se poate spune că rezultatul înmulțirii lui n^2 pentru n indici va tinde către produsul celor n indici; iar termenul $4/X_{range}$ este neglijabil. Ca atare, relația (3.15) poate fi scrisă ca:

$$\text{Timpul de căutare} = O(r(I + \log N/X_{range})) \tag{3.16}$$

unde r este produsul tuturor indicilor n ai ferestrei de căutare, N este produsul celor n numere, iar I este "suprafața" secțiunii transversale 2D a ferestrei reduse la un plan.

3.2.6 Concluzii

Algoritmul poate fi aplicat pentru ferestre cu laturi paralele cu axele sau înclinate, permițând găsirea punctelor din spațiul nD ce aparțin sau nu ferestrei (după cum se vede din termenii r şi I ai relației 5). Căutarea "sare" peste segmentele vide ale spațiului (segmentul cu punctele de capăt confundate), prin acces direct la următorul punct dinainte din fereastră, când s-a găsit un punct din cele testate că este în afara ferestrei. Algoritmul poate fi utilizat în mod deosebit în structurile de date definite în sistemul de coordonate nD ale SIG.

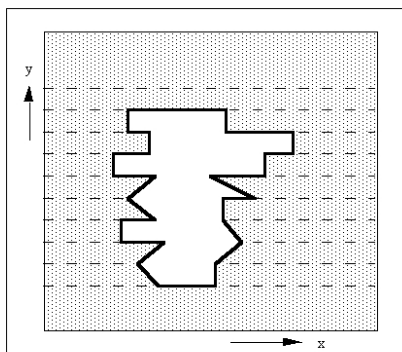


Fig. 3.8 Cazul cel mai dezavantajos de configurație a laturilor

Autorul va prezenta şi subprogramul de generare a semnelor convenţionale areale la realizarea produselor SIG (hărţilor), care utilizează căutarea în spaţiul 2D, folosind ca definire a conturului poligonal coordonatele a *N* puncte X_{range} şi Y_{range}.

3.3 Precizia datelor şi produselor SIG

3.3.1 Importanţa preciziei datelor şi produselor SIG

Până în ultimii trei ani s-a acordat o mai mică importanţă preciziei datelor SIG. Se ştie că datele conţin erori sistematice sau aleatoare, dar nu s-a accentuat asupra felului cum procedurile şi soluţiile SIG ţin seama de aceste erori. O bună tratare a acestei probleme permite alegerea celor mai bune surse de date, alegerea celor mai corecte metode de culegere a datelor şi alegerea celor mai corecte proceduri de prelucrare şi de realizare a produselor finale. Dacă nu se ţine seama de problemele de mai sus, multe proiecte SIG pot fi întrerupte. Se ştie că în SIG sunt concatenate multe date discrete, de diferite tipuri, cele mai importante fiind datele de poziţie, deoarece la ele sunt referite toate celelalte tipuri de date.

3.3.2 Câteva definiţii de bază

Precizia se referă aici la gradul în care datele SIG iau valori acceptabile faţă de valorile lor adevărate şi caracterizează calitatea datelor, considerând valorile datelor ca având numai valori aleatoare, dar controlabile. Nu este omisă nici abordarea corectării datelor de eventualele erori sistematice. Având în vedere tipurile diverse de date şi de proceduri de culegere, validare şi prelucrare, se poate arăta că: (a) datele au măsuri şi metode diferite de apreciere a preciziei; (b) nivelul necesar de precizie specific diferitelor tipuri de aplicaţii variază mult; (c) precizia datelor este legată strict de metodele de culegere, de aparatura folosită, de sursele de date, de procedurile de prelucrare etc.; (d) ca urmare a celor de mai sus, precizia datelor depinde şi de costurile SIG şi invers.

Calitatea datelor, în care intră şi datele referitoare la precizie se arată în mod explicit şi în documentaţia ce însoţeşte o bază de date SIG, respectiv prin metadate.

3.3.3 Tipuri de erori

Cu toate că datele de poziţie au cea mai mare importanţă în SIG, cele de mai jos se vor referi la toate tipurile de date întâlnite într-un proiect SIG.

3.3.3.1 Precizia poziţională

Precizia poziţională este diferită pentru datele culese prin metode geodezice, fotogrammetrice, topografice, cartografice etc. Dar în final, datele de poziţie reunite (concatenate) nu vor avea precizia mai mare decât cea a datelor de cea mai slabă precizie. Sursa cea mai comună de date pentru SIG este harta topografică. În instrucţiunile de realizare a hărţilor se fac referiri la precizia poziţională a detaliilor reprezentate pe aceste hărţi. Astfel, pentru hărţile topografice la scările 1:10 000 – 1:1 000 000, precizia detaliilor este de 0,4 mm la scara hărţii, cu un nivel de încredere α=0,05 (probabilitatea de 0,95). Se poate concluziona că precizia depinde de scară, valoarea de mai sus reprezentând de exemplu 9 m în coordonate reale pentru scara 1:25 000. În S.U.A., standardele de precizie prevăd valorile de precizie a poziţiei orizontale la scara hărţii de 1/30 inch(respectiv 0,86 mm) pentru hărţile topografice la scara 1:20 000 şi mai mare, iar pentru scările mai mici de 1:20 000 de 1/50 inch (respectiv 0,5 mm), pentru un nivel de încredere α=0,10 (probabilitatea de 0,90) (vezi anexa F). Cele de mai

sus trebuie avute în vedere la toate tipurile de detalii – punctuale, liniare sau areale. Precizia de mai sus este asigurată când la digitizare se folosesc originalele de editare pe film.

Trebuie arătat aici că operaţiunile de mărire sau micşorare pe ecran (efectul de lupă "zoom in" şi "zoom out") nu modifică precizia datelor. Mărirea imaginii dă o impresie falsă a îmbunătăţirii preciziei datelor.

3.3.3.2 Precizia atributelor sau datelor tematice

Şi datele nespaţiale referite la cele poziţionale sunt caracterizate de indicatori de precizie care pot varia în limite foarte largi, având în vedere eterogenitatea acestor date. Fenomenele sunt descrise în detaliu de date cât mai precise. Preciziile datelor de mai sus pun probleme deosebite.

3.3.3.3 Precizia conceptuală

SIG depinde de abstractizarea şi clasificarea fenomenelor lumii reale. Utilizatorii determină ce volum de informaţii este folosit şi cum este clasificat în diferite categorii. Uneori se folosesc categorii inadecvate sau informaţii greşit clasificate. De exemplu, clasificând localităţile după numărul persoanelor cu drept de vot nu se pot trage concluzii cu privire la natalitate şi mortalitate sau clasificând liniile electrice doar după voltaj se limitează eficienţa SIG la managementul infrastructurii utilităţilor electrice. Chiar dacă sunt folosite categorii corecte, acestea pot fi de neutilizat pentru o anumită problemă.

3.3.3.4 Precizia logică

Precizia logică se referă la precizia datelor logice stocate în SIG. Datele stocate "logic" pot fi folosite inadecvat. De exemplu, poate fi dată aprobarea de construcţie a unui cvartal într-o margine a unei localităţi, fără a se analiza harta (planul) cu tipurile de sol sau cu deplasările posibile ale scoarţei terestre. Sistemele SIG nu decid în locul utilizatorului şi nu-l ajută cu nimic dacă analiza datelor este inadecvată sau dacă datele sunt imprecise sau incorecte. Câteva reguli de folosire pot fi introduse în SIG, care este proiectat astfel ca un "sistem expert", dar realizatorii SIG trebuie să se asigure că regulile folosite corespund caracteristicilor lumii reale pe care ei o modelează.

Este o greşeală să se creadă că fiecare aplicaţie SIG are nevoie de date de înaltă precizie. Necesităţile de precizie variază radical în funcţie de tipul de date şi de rezoluţiile necesare ale datelor pentru o anumită aplicaţie. Precizia crescută excesiv nu numai că duce la mărirea costurilor, dar poate da detalieri care nu sunt necesare.

3.3.4 Surse de erori

Doar puţine surse de erori pot fi identificate chiar de procedurile SIG. Cade în sarcina utilizatorului folosirea unor date neeronate. o atenţie aparte trebuie acordată verificării preciziei datelor, deoarece procedurile SIG îl pot conduce pe utilizator într-o direcţie falsă a aprecierii preciziei. De exemplu, procedura de netezire a curbelor (smooth) duce la reprezentări elegante, dar incorecte. De fapt, unele detalii reprezentate astfel sunt "vagi, graduale sau fuzzy" (Burrough, 1986). Şi aşa există un anumit grad de imprecizie în cartografie, începând cu relaţiile matematice şi deformările diferitelor proiecţii cartografice şi continuând cu procesul de culegere şi reprezentare a datelor în SIG.

Sursele de erori pot fi împărţite în trei grupe: (a) surse obişnuite de erori; (b) erori rezultate din variaţii naturale sau din măsurătorile originale; (c) erori datorită prelucrării. De

regulă, erorile din primele două grupe sunt mai uşor de detectat decât cele ce apar prin procesare, care pot fi subtile şi greu de identificat.

3.3.4.1 Surse obişnuite de erori

3.3.4.1.1 Vechimea datelor

Sursele de date, în afară de teren, pot avea un anumit grad de vechime, dată de modificările ce au avut loc asupra lumii reale de la data creerii acestor posibile surse. Unele sisteme chiar necesită date cu diferite rezoluţii temporale pentru studiul variaţiei în timp a unor fenomene şi pentru eventuale prognoze. Pentru majoritatea sistemelor sunt necesare cele mai noi date, culese de pe hărţile de ultimă ediţie şi completate cu date obţinute pe cale aerofotogrammetrică sau cu ajutorul sateliţilor artificiali ai pământului (de teledetecţie). Vechimea datelor de pe aceste ultime înregistrări este dată de data realizării imaginilor.

Trebuie avut în vedere faptul că unele hărţi tematice s-au realizat după realizarea hărţilor topografice de o anumită ediţie şi gradul de precizie a datelor tematice nu este arătat nicăieri, aşa cum este arătat pentru hărţile topografice.

3.3.4.1.2 Acoperirea areală

Datele corespunzătoare unui domeniu areal pot lipsi complet sau sunt disponibile doar anumite straturi de date. De exemplu, hărţile tematice pentru vegetaţie şi pentru soluri pot fi incomplete în zonele de frontieră şi pentru unele perioade de tranziţie şi în momentul de faţă nu mai reprezintă fidel realitatea. O acoperire uniformă este imposibil de obţinut pentru toate tipurile de date şi utilizatorul trebuie să decidă ce nivel de generalizare este necesar sau dacă mai este necesară culegerea folosind şi alte surse de date.

3.3.4.1.3 Scara geoimaginii sursă

Geoimaginile au o anumită scară, de care depind gradul de detaliere şi precizia datelor. Scara restrânge tipul, cantitatea şi calitatea (aici intrând şi precizia) datelor SIG (Niţu, C., Niţu,C.D. 1992a şi 1992b). Trebuie alese geoimaginile sursă de scări care să asigure caracteristicile de rezoluţie şi precizie corespunzătoare celor mai pretenţioase aplicaţii ale SIG (anexa F(a,b)). Mărirea unei hărţi la scară mică nu duce la îmbunătăţirea indicatorilor de precizie sau la mărirea gradului de detaliere, aşa cum consideră unii utilizatori de formaţie diferită de cea geodezică.

3.3.4.1.4 Densitatea observaţiilor

Rezoluţiile specifice datelor şi complexitatea detaliilor dintr-o anumită zonă geografică determină numărul de observaţii pe unitatea de suprafaţă sau densitatea observaţiilor. Aceasta trebuie inclusă în metadate şi trebuie cunoscută de către utilizator. Analiza geografică necesită date de rezoluţii specificate. De exemplu, realizarea hărţilor cu izolinii (izohipse, izobare, izoterme, izocline etc.), cu o anumită echidistanţă, necesită o anumită densitate a punctelor dispuse neregulat cu valori $z=f(x,y)$ cunoscute, o rezoluţie spaţială plană a punctelor cu valori z dispuse într-o grilă regulată etc.

3.3.4.1.5 Relevanţa datelor

Adesea nu se pot obţine anumite date asupra unei zone şi în locul acestora se utilizează date obţinute indirect, respectiv date de înlocuire. Între datele de înlocuire şi fenomenul ce trebuie analizat trebuie să existe o anumită relaţie. În statistică sunt multe exemple de determinare indirectă a unor mărimi necunoscând prea multe date, ci doar unele eşantioane dintr-o populaţie, concluziile extrapolându-se la întreaga populaţie.

De asemenea, alt exemplu este cel de urmărire a stadiilor succesive ale culturilor, care se poate face prin urmărire directă la teren sau prin date de teledetecție. Tot prin teledetecție se pot analiza pentru o zonă tipurile de soluri, probabilitatea de eroziune etc.

Relevanța datelor este acea caracteristică ce exprimă că o mulțime de date corespunde cu un anumit nivel de încredere (de regulă cuprins între 0,05 şi 0,10) scopului în care sunt utilizate. Şi această valoare trebuie specificată în metadate.

3.3.4.2 Erori rezultate din variația naturală sau din măsurătorile originale

Sursele acestor erori pot fi cele obişnuite, cunoscute din literatura de specialitate, sau unele ce urmează a se determina. Nu vor fi descrise decât acele tipuri pentru care au fost identificate procedurile de culegere şi validare a datelor tratate în prezenta lucrare.

3.3.4.2.1 Precizia pozițională

Precizia pozițională este măsura varianței poziției detaliilor față de poziția lor reală. Aceasta depinde de tipul datelor folosite sau măsurate. Precizia caracterizează punctele rezultate din discretizarea detaliilor punctuale, liniare şi areale. Indicatorii de precizie sunt prevăzuți în metadate şi sunt stabiliți pe baza metodelor statistice pentru un nivel de încredere dat (de regulă α=0,05), pentru metoda cea mai imprecisă de determinare a poziției. Unele detalii, în special cele reprezentate pe hărțile topografice au un nivel mai mare de precizie (anexa F(a, b, c)). Unele detalii tematice, precum zonele climatice, zonele corespunzătoare tipurilor de sol etc. sunt cu frontiere interpretabile

3.3.4.2.2 Precizia conținutului

Precizia conținutului se referă la atribuirea corectă a codurilor de identificare în urma aplicării unei clasificări la conversia datelor în formă numerică (la digitizarea vectorială a hărților, la interpretarea asistată de calculator a imaginilor etc.). Anumite detalii pot fi de asemenea omise la această conversie. Alte erori privind precizia cantitativă pot fi prezente datorită necalibrării instrumentelor de măsurare pentru mărimi precum altitudinea de zbor, *pH*-ul solului sau atmosferei, conținutului în gaze a atmosferei etc. Unele erori sau greşeli de acest tip rezultate în laboratore sau în teren sunt nedetectabile.

O măsură a preciziei de identificare este coeficientul Kappa (K) al lui Cohen. Pentru o zonă dată, se construieşte o matrice de nX.n elemente, n fiind numărul de tipuri de detalii ale SIG. Pe coloane se reprezintă tipurile de detalii ale clasificării reale, iar pe linii tipurile de detalii din baza de date. Dacă cele două tipuri de clasificări coincid, matricea va avea termeni diferiți de 0 numai pe diagonala principală, o valoare fiind egală cu numărul de apariții ale elementului cu un cod dat. În afara diagonalei principale, un termen $r_{i,j}$ al matricei R arată de câte ori a fost interpretat eronat detaliul i ca un detaliu j. Coeficientul K se determină cu formula:

$$K=(d-q)/(N-q) \quad (3.17)$$

unde d este suma elementelor de pe diagohala principală sau numărul de clasificări corecte:

$$d=\Sigma_i r_{ii},\ i=1,n \quad (3.18)$$

N este suma tuturor elementelor matricei sau numărul total de clasificări, iar q este determinat cu relația:

$$q=(\Sigma_i r_{i,j+1}.r_{i+1,j})/N,\ i=1,n,\ j=i \qquad (3.19)$$

unde $r_{i,j+1}$ este suma elementelor liniei i, iar $r_{i+1,j}$ este suma elementelor de pe coloana j. Când există numai clasificări corecte valoarea coeficientului este egală cu 1. În anexa F(e) este arătat un exemplu de clasificare incorectă a unor detalii şi este calculat coeficientul K. În cazul dat valoarea obținută este K=0,66. Cu cât K este mai apropiat de 1, cu atât clasificarea este mai precisă.

3.3.4.2.3 Surse ale variației în date

Variațiile în date apar datorită erorilor de măsurare ale metodei, celor specifice operatorului şi datorită necalibrării sau calibrării inadecvate a instrumentelor de măsură. De exemplu un scaner fotogrammetric are o rezoluție radiometrică mai mare decât un scaner cartografic şi ca atare şi o precizie mai mare. Precizia fiecărui scaner poate fi alterată după o perioadă mare de utilizare şi datorită necalibrării corecte. De remarcat că vânzătorii de scanere nu furnizează şi programele de calibrare. Un alt exemplu se poate da pentru datele tematice. O calibrare incorectă a instrumentului de măsurare a oxigenului dizolvat în apă va duce la date incorecte privind concentrația de oxigen în apele unui lac, unui râu sau ale unui golf.

Poate exista şi o variație naturală în valorile datelor (în datele) culese. De exemplu, salinitatea apelor unui golf sau ale unui estuar variază în cursul unui an şi depinde de afluxul de apă din fluvii şi râuri şi de evaporare. Dacă nu se ține seama de aceste variații naturale se pot trage concluzii greşite şi se pot lua decizii eronate, respectiv să se introducă erori în SIG. În orice caz, dacă erorile nu duc la rezultate neaşteptate, detectarea lor poate fi extrem de dificilă.

3.3.4.3 Erori ce apar prin procesare

Erorile datorită procesării sunt cele mai greu de detectat de utilizatorii SIG, trebuie căutate cu metode specifice şi necesită cunoştințe suplimentare. Sunt erori subtile care apar în moduri diferite şi pot apare în structuri multiple de date gestionate în SIG.

3.3.4.3.1 Erori numerice

Calculatoarele diferite pot să nu aibe aceeaşi capabilitate de realizare a operațiunilor matematice complexe şi se pot obține diferențe semnificative ale rezultatelor aceluiaşi algoritm. Testarea se poate face în mod simplu prin ridicări succesive la pătrat, apoi prin extragerea succesivă a rădăcini pătrate, când ar trebui să se ajungă la numărul de la care s-a plecat.

Altă sursă de erori poate fi chiar defecțiunile calculatorului, respectiv ale cipului de bază al acestuia. Un asemenea caz a apărut la o serie de calculatoare Pentium (tm) ale firmei Intel.

O altă sursă de erori este cea legată de conversia analog-digital (A-D), Deoarece calculatoarele trebuie să manipuleze datele în format digital, erorile numerice în procesare pot conduce la rezultate imprecise. În orice caz, erorile numerice de procesare se detectează greu şi presupun o anumită sofisticare care nu e prezentă la utilizatorii SIG de formație negeodezică.

3.3.4.3.2 Erori în analiza topologică

Erorile logice pot duce la manipulări incorecte ale datelor şi la analize topologice incorecte (Niţu, C., Niţu, C.D. 1992a). Se recunoaşte că datele sunt eterogene şi sunt susceptibile de variaţii. Suprapunerea straturilor poate duce la probleme ca poligoane aşchie (pană), neracordări, goluri etc. Variaţia preciziei straturilor diferite poate fi ascunsă pe timpul prelucrării, ducând la crearea de “date virtuale care pot fi greu de detectat din datele reale” (Sample, 1994). În anexele F şi C sunt arătate câteva cazuri ce duc la eronarea datelor şi a produselor derivate din date (Niţu, C., Niţu, C.D., 1992a şi 1992b).

3.3.4.3.3 Problemele clasificării şi generalizării

Pentru mintea umană, pentru a înţelege marele volum de date, acestea trebuie clasificate şi în unele cazuri generalizate. Chiar clasificarea este o etapă a generalizării. Referiri la clasificarea în SIG sunt prezentate în acest capitol. Cazul ideal presupune şapte subclase ale unei clase, pentru a fi memorate de om pe termen scurt. Datele sunt manipulate şi afişate mai uşor în mici grupe de date. Clasificarea şi generalizarea atributelor sau datelor tematice ale SIG duc la erori de interpolare şi pot introduce neregularităţi în date care pot fi detectate greu. O măsură a corectitudinii clasificării este calculul coeficientului Kappa. Aprecierea generalizării poate fi făcută, aşa cum s-a arătat, cu metode ale analizei informaţionale.

3.3.4.3.4 Erori de digitizare şi geocodare

Erorile de prelucrare, erorile surselor şi ale metodelor de culegere apar în procesul de culegere şi validare a datelor, respectiv digitizare cartografică, exploatare fotogrammetrică la aparatele clasice, analitice şi digitale, la geocodare etc., la suprapunerea straturilor la intersectările obiectelor liniare, la intersectările contururilor obiectelor areale, vectorizarea datelor raster, rasterizarea datelor vectoriale etc. Erorile datorate operatorului pot duce la apariţia unor curburi suplimentare, întoarceri, noduri, bucle etc. (anexele C, D, F). Erorile surselor (geoimaginilor) sunt tratate pe larg în disciplinele de specialitate.

Un caz aparte este problema georeferenţierii, întâlnită la aducerea coordonatelor geoimaginilor în sistemul de coordonate al proiecţiei cartografice, respectiv în coordonatele bazei de date a SIG. Pentru transformare se pot folosi diferite funcţii de aproximare, printre care cele ale rototranslaţiei, transformărilor afină şi proiectivă etc. Acestea sunt cazuri particulare ale funcţiilor polinomiale de forma:

$$X=a_{00}+a_{10}x+a_{01}y+a_{20}x^2+a_{11}xy+a_{30}x^3+a_{21}x^2y+a_{12}xy^2+a_{03}y^3+\ldots$$
$$Y=b_{00}+b_{10}x+b_{01}y+b_{20}x^2+b_{11}xy+b_{30}x^3+b_{21}x^2y+b_{12}xy^2+b_{03}y^3+\ldots \qquad (3.20)$$

folosite pentru transformarea coordonatelo x şi y în coordonate X şi Y. Poate fi studiată influenţa numărului de termeni ai transformării, numărului de puncte cu coordonate cunoscute în ambele sisteme şi a dispunerii acestor puncte asupra coordonatelor finale transformate. Pot fi acceptate şi alte transformări în afară de cele polinomiale, dar cele polinomiale sunt uzuale.

$$AU_{kl} + L^0 + A_pU_{k'l'} + \Delta = V \qquad (3.21)$$

Se acceptă că transformarea este descrisă de modelul statistic unde A este matricea coeficienţilor a_{ij} şi b_{ij}, x_i şi y_i sunt coordonatele spaţiului geoimagine, $i=1,..,n$ (n este numărul de puncte cu coordonate în ambele sisteme), $j=1,..,m$ (m este numărul termenilor polinoamelor), U_{kl} este matricea valorilor celor mai probabile ale coeficienţilor polinoamelor, iar expresia:

$$L = L^0 + A_p U_{k'l'} + \Delta \qquad (3.22)$$

este vectorul valorilor măsurate, respectiv ale coordonatelor din spațiul imagine, produsul din mijlocul membrului al doilea fiind vectorul datorat termenilor neglijați ai polinoamelor, Δ este vectorul valorilor adevărate ale datelor inițiale, L^0 conține valorile vectorului L cu condiția

$$A_p U_{k'l'} + \Delta = 0 \qquad (3.23)$$

vectorul V erorile reziduale după transformare.
Minimizarea produsului $V^T V$ duce la

$$V_{kl} = -(A^T A)^{-1} A^T (L^0 + A_p U_{k'l'} + \Delta) \qquad (3.24)$$

Plecând de la această expresie, distorsiile vectorului U_{kl} sub influența vectorilor Δ şi (ApU_{kl}) sunt date de relațiile

$$\delta U_1 = -(A^T A)^{-1}(A'\Delta) \qquad (3.25)$$

$$\delta U_2 = -(A^T A)^{-1}(A^T ApU_{k'l'})$$

Ultimii doi vectori permit construirea modelului de predicție a preciziei de aproximare. Elementele vectorului distorsiilor ΔU_l sunt caracterizate de matricea de covarianță K_u , care are expresia

$$K_v = \mu^2 \begin{bmatrix} Q_{\xi_{11}} & \frac{1}{c} Q_{\xi_{12}} & \cdots & \frac{1}{c^{(k_1+l_1)}} Q_{\xi_{1m}} \\ & \frac{1}{c^2} Q_{\xi_{22}} & \cdots & \frac{1}{c^{(k_m+k_2)(l_m+l_2)}} Q_{\xi_{2m}} \\ & & \cdots & \cdots \\ & & & \frac{1}{c^{2(k_m+l_m)}} Q_{\xi_{mm}} \end{bmatrix} \qquad (3.26)$$

unde:
μ - eroarea medie patratică a unității de pondere;
$Q_{\xi ij}$ – elementele matricei $Q_\xi = (A_\xi^T A_\xi)^{-1}$

$$a_{\xi_{ij}} = \xi_i^{kj} \eta_i^{lj}, \xi = \frac{x_i}{|c|}, \eta_i = \frac{y_i}{|c|} \qquad (3.27)$$

A_ξ - matricea cu elementele (3.27)
C în modul este valoarea maximă a diferenței absciselor (ordonatelor) pentru zona dată.
După aproximare, vectorul δU_l duce la erorile reziduale V_{1l}, ce sunt caracterizate de matricea de covarianță K_v, scrisă matricial ca

$$K_v = \mu^2 (A_\xi Q_\xi A_\xi^T) \qquad (3.28)$$

Deoarece formulele de transformare reprezintă polinoame cu termenii la diferite puteri, apare matricea de corelație între elementele vectorului corecțiilor V_l. În acest caz, un rol important pentru predicție îl are matricea de varianță – covarianță Q_ξ a erorilor reziduale pentru termenii separați ai polinomului de aproximare, pentru punctele $|x| = |y| = c$, x şi y măsurându-se față de centrul de greutate al punctelor de reper.

(3.29)

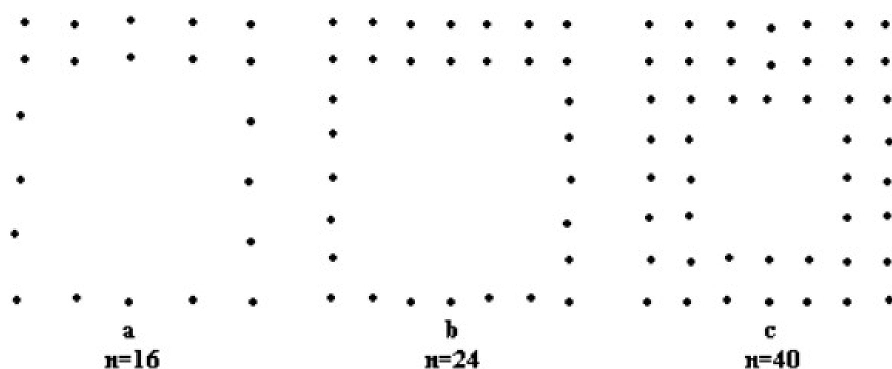


Fig.3.9 Trei scheme de dispunere a n puncte de orientare

Atunci, valoarea dispersiei erorii reziduale pentru acest punct este

$$D_{v_i} = \mu^2 \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (Q_\xi)_{ij} \tag{3.29}$$

Se pot folosi relațiile de mai sus pentru un număr diferit de puncte de orientare dispuse în moduri diverse (scheme ale punctelor). Este posibil a se determina: (a) valoarea dispersiei erorii reziduale cu o precizie dată de determinare a termenilor de diferite grade ale polinomului ("aportul" fiecărui termen); (b) schema optimă de dispunere a punctelor în spațiul imagine pentru un tip dat de polinom.

Se vor da în continuare valorile matricei Q_ξ pentru polinoamele de gradul al treilea şi pentru schemele punctelor de reper din figura 3.9. În tabelul 3.5 sunt date valorile matricei Q_ξ pentru cele 3 cazuri şi valorile dispersiei.

Se poate stabili şi un model al predicției pentru influența termenilor neluați în considerație ai celor două polinoame asupra rezultatelor transformării. Dacă se consideră vectorul δU_2 ca o funcție de termenii neconsiderați ai polinomului pentru punctul cel mai depărtat, de coordonate $x=y=|c|$, adică pe marginea zonei.

În acest caz,

$$\begin{aligned} \delta U_2 &= G_u \delta_{k'l'} \\ G_u &= -(A^T A)^{-1}(A^T A p_\xi) \\ \delta_{k'l'} &= \begin{pmatrix}\delta_1 & \delta_2 & \dots & \delta_p\end{pmatrix}^T \end{aligned} \tag{3.30}$$

unde p este numărul termenilor neconsiderați ai polinomului.
Un termen curent δ_h al vectorului este dat de relația

$$\delta_h = U_{k'l'(h)} c^{(k'_h l'_h)} \tag{3.31}$$

$A_{p\xi}$ este matricea cu toți vectorii δ_h , cu termenii

$$a_{p_\xi (ih)} = \xi_i^{k'_h + l'_h} \tag{3.32}$$

Erorile reziduale V_2 cauzate de δU_2 sunt date de relațiile

$$\begin{aligned} V_2 &= (A_{p_\xi} - G)\delta_{k'l'} \\ G &= A_\xi (A_\xi^T A_\xi)^{-1}(A_\xi^T A_{p_\xi} \end{aligned} \tag{3.33}$$

Cum elementele matricelor A_{ξ} şi $A_{p\xi}$ sunt funcţii de coordonatele punctelor imagine, elementele matricelor G şi ($A_{p\xi}$-G) pot fi determinate aprioric, pentru numere diferite de puncte dispuse după diferite scheme. Aici elementele matricei ($A_{p\xi}$-G) arată ce influenţe ale termenilor de ordinul h ai polinomului rămân în punctele de reper (de control sau de orientare) după transformare.

Tabelul 3.5 Valorile matricei Q_{ξ} şi ale dispersiei pentru cele 3 scheme

A_0	A_1x	A_2y	A_3x^2	A_4xy	A_5y^2	A_6x^3	A_7x^2y	A_8xy^2	A_9y^3
Schema a (n=16)									
0,90	0	0	-0,61	0	-0,61	0	0	0	0
0	**1,57**	0	0	0	0	-2,27	0	-0,67	0,01
0	0	**2,57**	0	0	0	0	-0,67	0	-2,27
-0,61	0	0	**0,56**	0	0,33	0	0	0	0
0	0	0	0	**0,17**	0	0	0	0	0
-0,61	0	0	0,33	0	**0,56**	0	0	0	0
0	2,27	0	0	0	0	**2,21**	0	0,37	0
0	0	-0,67	0	0	0	0	**0,57**	0	0,37
0	-0,67	0	0	0	0	0,37	0	**0,57**	0
0	0	-2,27	0	0	0	0	0,37	0	**2,23**
D_y=0,9μ^2									
Schema b (n=24)									
0,70	0	0	-0,50	0	-0,50	0	0	0	0
0	**1,91**	0	0	0	0	-1,69	0	-0,62	0
0	0	**1,92**	0	0	0	0	-0,62	0	-1,69
-0,50	0	0	**0,46**	0	0,29	0	0	0	0
0	0	0	0	**0,13**	0	0	0	0	0
-0,50	0	0,29	0	0	**0,44**	0	0	0	0
0	-1,69	0	0	0	0	**1,61**	0	0,40	0
0	0	-0,62	0	0	0	0	**0,47**	0	0,40
0	-0,62	0	0	0	0	0,40	0	**0,48**	0
0	0	-1,690	0	0	0	0	0,40	0	**1,62**
D_y=0,7μ^2									
Schema b (n=40)									
0,15	0	0	-0,12	0	-0,12	0	0	0	0
0	**0,49**	0	0	0	0	-0,47	0	-0,17	0
0	0	**0,49**	0	0	0	0	/0,17	0	-0,47
-0,12	0	0	**0,19**	0	0,05	0	0	0	0
0	0	0	0	**0,10**	0	0	0	0	0
-0,12	0	0	0,05	0	**0,19**	0	0	0	0
0	-0,47	0	0	0	0	**0,56**	0	0,03	0
0	0	-0,17	0	0	0	0	**0,33**	0	0,03
0	-0,17	0	0	0	0	0,03	0	**0,32**	0
0	0	-0,47	0	0	0	0	0,03	0	**0,57**
D_y=0,6μ^2									

Ca atare, chiar cu valori încă necunoscute ale elementelor vectorului δ, folosind compararea valorilor termenilor matricei ($A_{p\xi}$-G) pentru diferite scheme de dispunere a punctelor de reper şi pentru grade diferite ale polinoamelor de transformare se pot determina:

-schema optimă de dispunere a punctelor de reper pentru un grad dat al polinomului;
-gradul optim al polinomului pentru o proiecţie cartografică dată;
- valoarea aşteptată a lui V_2 pentru o schemă de dispunere dată a punctelor şi pentru un grad dat al polinomului.

Analiza structurii matricelor G_U şi G arată că baza acestui model de predicţie este găsirea matricei $G_{u\xi}$, cu relaţia

$$G_{U_\xi} = (A_\xi^T A_\xi)^{/1}(A_\xi^T A_{p_\xi}) \qquad (3.34)$$

Elementele matricea $G_{u\xi}$ dau posibilitatea analizei modului cum fiecare termen al polinomului reduce influenţa termenilor neconsideraţi de puteri mai mari ale coordonatelor x şi y. Pentru fiecare punct se poate determina mărimea

$$G_{U_\xi (jh)_i} = G_{U_\xi (jh)} \xi_i^{k_j} \eta_i^{l_j} \qquad (3.35)$$

Considerând formulele polinoamelor de transformare de gradul IV, aplicând doar polinoamele de gradul III, înseamnă că se neglijază termenii cu suma exponenţilor lui x şi y egală cu 4. În acest caz, valorile termenilor matricei $G_{u\xi}$ sunt date în tabelul3.6.

Tabelul 3.6 Valorile termenilor matricei $G_{u\xi}$ pentru termenii neconsideraţi

Pentru schemele a şi b						Pentru schema c					
	Xy^3	x^2y^2	x^3y	x^4	y^4		xy^3	x^2y^2	x^3y	x^4	y^4
	0	-0,99	0	-0,05	-0,05		0	-0,37	0	-0,20	-0,20
	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
	0	1,00	0	1,07	-0,03		0	0,58	0	1,13	0,07
	0,83	0	0,83	0	0		0,78	0	0,78	0	0
$G_{u\xi}$	0	1,00	0	-0,08	1,07	**$G_{u\xi}$**	0	0,58	0	0,07	1,13
	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Σ	0,83	1,01	0,83	0,94	0,99	**Σ**	0,78	0,79	0,78	1,00	1,00

Cele de mai sus demonstrează posibilitatea estimării preciziei transformărilor polinomiale aplicate pentru registraţia şi georeferenţierea imaginilor, prin imagini înţelegând atât imaginile digitale ale fotogramelor, cât şi pe cele ale hărţilor, reprezentate în acest ultim caz prin date vectoriale sau prin date raster.

Soluţia aplicată mai sus poate fi extinsă şi la alte proceduri cartografice şi fotogrammetrice digitale, ca de exemplu la orientarea interioară, orientarea relativă şi orientarea absolută.

3.4 Prelucrarea imaginilor

Prelucrarea imaginilor digitale trebuie analizată separat, fiind calea actuală modernă de culegere a datelor SIG. În cele ce urmează se va face o apreciere generală a prelucrării imaginilor şi se va accentua pe detectarea limitelor, problemă principală a fotogrammetriei digitale şi a vizualizării asistate de calculator.

3.4.1 Operațiuni de prelucrare

Operațiunile radiometrice presupun modificarea contrastului sau a rezoluției radiometrice. Se pot realiza operațiuni aritmetice, îmbunătățirea contrastului, filtrări, operațiuni logice, transformări liniare şi logaritmice etc. Operațiunile se fac asupra unei imagini distincte (prelucrare punctuală), pixel cu pixel, cu formula generală:

$$O(x,y)=M[I(x.y)] \quad (3.36)$$

unde I(x,y) este imaginea inițială, O(x,y) este imaginea transformată, iar M este operatorul de prelucrare.

Pentru operațiunile de filtrare se folosesc matrici de filtrare sau măşti. Valorile unei matrice (kernel) sunt specifice fiecărui filtru. De exemplu, filtrele trece-sus şi trece-jos prin convoluții implică deplasări în sus, în jos şi laterale ale valorilor pixelilor, însumări, multiplicări, scăderi ale geoimaginilor rezultate prin deplasare etc. Spre exemplificare, sistemul PERICOLOR al firmei MATRA conține o bibliotecă 3x3, 15x15 etc.

Prelucrarea punctuală se poate face şi asupra a două imagini, cu relația:

$$O(x,y)=I_1(x,y)\&I_2(x,y) \quad (3.37)$$

unde & reprezintă operațiunea logică (AND, OR, XOR, NON etc. sau combinații ale acestora) sau operațiunea aritmetică. Prin operațiunile de mai sus se pot suprapune două imagini (anexa D(b(5))), se poate înlocui o porțiune dintr-o imagine cu alta etc.

Operațiunile geometrice au ca scop transformarea poziției fiecărui pixel, transformarea urmărind suprapunerea a două imagini (registrația), aducerea unei imagini în sistemul hărții sau în sistemul geodezic de coordonate (georeferențiere) etc.

Corelarea a două imagini permite să se caute într-o imagine un obiect format dintr-un grup de pixeli ce corespunde altui obiect aflat pe imaginea inițială, prin definirea unei ferestre de corelație (până la 51x51 pixeli), fereastră ce are centrul în obiectul caracteristic din imaginea de referință.

Operațiunile morfologice le completează pe cele de mai sus, transformând imaginile inițiale în imagini cu forme conturate mai clar, folosind relațiile de conexiune sau vecinătate a unui pixel (vecinătate cuadrică, octoedrică etc.). Exemple de operațiuni morfologice sunt dilatarea (mărimea suprafeței unei zone de pixeli), eroziunea (micşorarea suprafeței), scheletizarea (înlocuirea unei benzi de pixeli de aceeaşi valoare cu axa benzii) etc. În capitolul al IV-lea se vor testa şi operațiunile morfologice.

Operațiunile de comprimare şi decomprimare a imaginilor fac obiectul altor discipline de specialitate.

3.4.2 Detectarea limitelor

Au fost dezvoltate multe detectoare sau filtre pentru detectarea limitelor sau frontierelor. Aplicații importante sunt în fotogrammetria digitală, la orientarea relativă pentru formarea modelului (conexarea imaginilor), extragerea detaliilor şi analiza texturii. Dintre detectoarele cunoscute se amintesc Roberts, Prewitt, Sobel, Kirsch, Laplacianul Gaussian (LoG) etc. Analiza eficacității filtrelor se poate face prin aplicarea lor la imagini sintetice şi la imagini normale.

Detectarea limitei este esențială atât în vederea umană, cât şi în vizualizarea cu calculatorul. Nu se fac referiri la celelalte filtre aplicate pentru alte transformări radiometrice ale unei imagini. Problema principală aici este detectarea pixelilor dintre două areale de densități diferite, unirea acestora în segmente de dreaptă sau de curbă oarecare şi apoi gruparea fragmentelor rezultate.

Filtrele detectoare de limite pot fi direcționale şi nedirecționale. Filtrele direcționale iau în considerare modificarea intensității (densității optice) într-o direcție specificată (orizontală sau verticală). Cele nedirecționale iau în considerație variația în orice direcție (de exemplu LoG). În continuare sunt analizate câteva filtre.

Filtrul Roberts utilizează operatorul Roberts, operator care foloseşte valorile maxime ale derivatelor de ordinul al II-ea ale funcției imagine pe două direcții perpendiculare.

Operatorul Roberts este definit de relațiile:

$$D_+\{(x,y)=f(x+\Delta x,\ y+\Delta y)-f(x,y)$$
$$D_-\{(x,y)=f(x,\ y+\Delta y)-f(x+\Delta x,y) \qquad (3.38)$$

Cele două relații corespund aplicării măştilor:

$$D_+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \qquad D_- = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad (3.39)$$

Filtrul Prewitt foloseşte operatorul cu acelaşi nume şi transformă imaginile pentru derivatele parțiale ale lui x şi y cu măştile:

$$P_x = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \qquad P_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (3.40)$$

Filtrul Sobel foloseşte operatorul Sobel, bazat tot pe calculul derivatelor de ordinul al II-lea. *Operatorul Sobel* foloseşte măştile:

$$S_x = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \qquad S_y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \qquad (3.41)$$

Laplacianul Gaussian (LoG) sau laplacianul generalizat se bazează pe aplatizarea gaussiană a imaginii (dubla diferențiere a curbei lui Gauss), urmată de aplicarea operatorului Laplace. Transformările formează convoluția

$$V^2 g(x,y) = (\frac{1}{W^4})[1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}]e^{\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \qquad (3.42)$$

De notat că fereastra $g(x,y)$ poate fi de dimensiuni variabile. O extindere importantă a operatorului variază cu σ. Scara operatorului e controlată de termenul constant ($1/W^4$). Forma filtrului LoG este dată în figura 3.10. Aşa cum se vede în figură, W este diametrul cercului interior definit de intersecția cu planul zero a lui LoG, respectiv

(3.41)

$$W = 2\sqrt{2}\sigma \tag{3.43}$$

Filtrul Kirsch transformă imaginile în 8 direcții folosind măştile:

$$K_1=\begin{bmatrix}-3 & -3 & 5\\ -3 & 0 & 5\\ -3 & -3 & 5\end{bmatrix}\; K_2=\begin{bmatrix}-3 & 5 & 5\\ -3 & 0 & 5\\ -3 & -3 & -3\end{bmatrix}\; K_3=\begin{bmatrix}5 & 5 & 5\\ -3 & 0 & -3\\ -3 & -3 & -3\end{bmatrix}\; K_4=\begin{bmatrix}5 & 5 & -3\\ 5 & 0 & -3\\ -3 & -3 & -3\end{bmatrix}$$

$$K_5=\begin{bmatrix}5 & -3 & -3\\ 5 & 0 & -3\\ 5 & -3 & -3\end{bmatrix}\; K_6=\begin{bmatrix}-3 & -3 & -3\\ 5 & 0 & -3\\ 5 & 5 & -3\end{bmatrix}\; K_7=\begin{bmatrix}-3 & -3 & -3\\ -3 & 0 & -3\\ 5 & 5 & 5\end{bmatrix}\; K_8=\begin{bmatrix}-3 & -3 & -3\\ -3 & 0 & 5\\ -3 & 5 & 5\end{bmatrix} \tag{3.44}$$

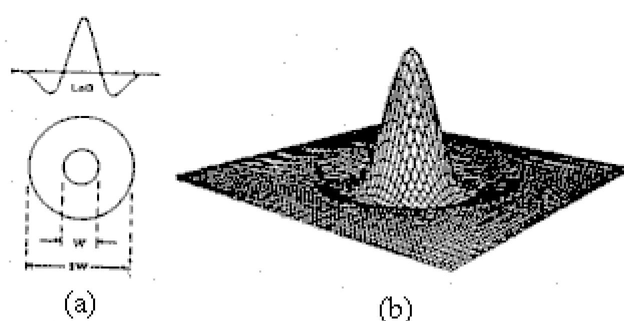


Fig. 3.10 Funcția LoG – a) vedere 2D şi b) vedere 3D

Pentru compararea filtrelor detectoare de limite testele au fost făcute cu procedurile existente în pachetele de programe Erdas Imagine şi IDRISI. Au fost folosite imagini sintetice şi imagini fotogrammetrice de 512x512 pixeli, codificate pe 8 biți. Imaginile sintetice sunt compuse din dreptunghiuri (patrate) şi cercuri cu densitate optică constantă, uniform variabilă sau neuniform variabilă în interior, cu limite clare şi subțiri. Imaginea fotografică corespunde unei zone rurale, cu clădiri, drumuri, copaci etc. Aici limitele detaliilor sunt variabile (anexa D(b(1))).

Criteriile de performanță la compararea unor filtre sunt (Canny, 1986): detectare corectă; localizare corectă; un singur răspuns la o singură limită. În anexa D(b(2)) sunt date rezultatele detectării limitelor pentru cele 5 filtre, pentru imaginea sintetică. Din figură se poate vedea că pentru filtrul LoG unghiurile drepte nu se respectă (rotunjirea colțurilor). Lățimea liniilor rezultate este formată dintr-un număr mic de pixeli, conform rezoluției imaginii. Cea mai mică lățime a liniilor se obține cu filtrul Roberts. Experiențele se pot face şi după rotirea unei porțiuni a imaginii sintetice inițiale cu diferite unghiuri (15, 30, 45^0) în sensul acelor de ceas. Anexa D(b(3)) prezintă imaginile limitelor detectate pentru cele cinci filtre alese. Şi aici se pot observa linii ce nu apar datorită lățimii mici în pixeli. Şi aici cele mai bune rezultate se obțin tot cu filtrul Roberts. Pentru imaginea fotografică normală, înaintea aplicării filtrelor pentru detectarea limitelor se aplică alte proceduri de prelucrare a imaginilor. Rezultatele aplicării celor cinci filtre pentru imaginea fotografică sunt arătate în anexa D(b(4)). Verificarea corectitudinii determinării limitelor (continuitatea şi precizia localizării) se poate face prin combinarea imaginii cu limite rezultată cu imaginea inițială. Anexa D(b(5)) arată modul de suprapunere a imaginii rezultate cu imaginea inițială. Imaginile din anexa

(3.41)

D(b(5)) au fost transformate pentru o mai bună reprezentare, astfel încât pixelii cu culoarea apropiată de alb să corespundă limitelor obiectelor. Cea mai mare parte a zgomotului rămas poate fi eliminată prin alegerea unei anumite valori de prag sau automat prin determinarea unor valori statistice rezultate din analiza histogramei întregii imagini.

Față de imaginea sintetică, efectul de urmă difuză din imaginea fotografică se datorează distorsiei obiectivului, refracției atmosferice etc. Efectul duce la o densitate optică complexă a imaginii. Detectarea limitelor devine dificilă în acest caz.

3.5 Concluzii

Cele de mai sus nu au epuizat toate problemele bazei matematice a procedurilor SIG. Multe din acestea vor mai fi încă prezentate în celelalte capitole, în special cele specifice procedurilor cartografice şi fotogrammetrice folosite la culegerea şi validarea datelor geografice şi la realizarea unor produse din aceste date.

Modelarea cartografică şi modelarea fotogrammetrică, apărute înaintea modelării SIG, poate fi utilizată cu succes în modelarea SIG. Pentru o zonă a terenului care este domeniul de definiție al SIG, respectiv pentru baza de date şi pentru toate produsele, analogice sau digitale, se poate determina cantitatea de informație. Această valoare poate fi folosită apoi pentru o caracterizare obiectivizată a zonei, comparativ cu alte zone sau cu evoluția sa în timp. Sunt necesare studii suplimentare pentru aplicarea metodei descrise şi în generalizarea cartografică, utilizată şi la realizarea hărților folosind datele SIG. Elemente ale teoriei informației se pot folosi la adoptarea unei anumite metode de clasificare şi apoi de codificare. S-a tratat întâi clasificarea, cea care precede sau intră în cadrul codificării. Codurile de identificare pot fi combinate cu codurile ce determină prelucrările la care sunt supuse datele. Soluția este de mare ajutor la organizarea sau structurarea datelor geografice pe obiecte, în clase, subclase şi superclase.

Algoritmii de căutare spațială au un rol deosebit în extragerea datelor din bazele de date pentru folosirea acestora la realizarea unor produse SIG. Căutarea după alte caracteristici este tratată îndeajuns în literatura specifică gestiunii bazelor de date. Algoritmul propus poate fi aplicat pentru ferestre cu laturi paralele cu axele sau înclinate, permițând găsirea punctelor din spațiul nD ce aparțin sau nu ferestrei. Autorul va prezenta şi subprogramul de generare a semnelor convenționale areale la realizarea produselor SIG (hărților), care utilizează căutarea în spațiul 2D, folosind ca definire a conturului poligonal coordonatele a N puncte X_{range} şi Y_{range}.

Soluția de analiză a formulelor polinomiale de transformare permite alegerea gradului optim al celor două polinoame, a schemei optime de dispunere a punctelor şi a numărului de puncte. Aici au fost analizate doar polinoamele de gradul al treilea şi de gradul al patrulea. Tipul de analiză prezentat poate fi dezvoltat şi pentru alte metode de transformare utilizate în fotogrammetrie, cartografie şi SIG, ca se exemplu la orientările interioară, relativă şi absolută în cazul exploatării fotogrammetrice analitice sau digitale.

Din analiza rezultatelor detectării limitelor se poate concluziona că trebuie folosite toate filtrele, în funcție de context. Pentru imaginea sintetică cele mai bune rezultate s-au obținut cu filtrul Roberts şi cele mai slabe cu filtrul LoG. Pentru imaginea fotografică, cele mai bune rezultate s-au obținut cu filtrul Kirsch, iar cele mai slabe cu filtrul Roberts. Detectarea limitelor, după cum se va demonstra mai jos, are mare importanță în fotogrammetria digitală la orientarea fotogramelor, recunoaşterea obiectelor şi interpretarea imaginilor. Pentru fotogramele aeriene, cele mai bune rezultate se obțin cu filtrul Kirsch.

CAPITOLUL IV CULEGEREA DATELOR SIG

4.1 Generalități

Au fost descrise în capitolul I tipurile de date din cadrul SIG. Dintre aceste date, rolul primar îl au datele de poziție (CEES, 1989; Nițu, C., Nițu,C.D.,1992a,1995). Datele teserale (raster), fie primare, fie secundare, prezintă avantaje deosebite în ceea ce priveşte culegerea, prelucrarea şi manevrarea, dar au dezavantajul că punctul (adimensional) este extins la dimensiunea pixelului, unitate de suprafață aparținând unui singur element geografic. Modelul vectorial presupune determinări punctuale. Este unanim acceptată ideea ca în SIG să coexiste ambele tipuri de date, dar toate determinările uzuale impun existența datelor vectoriale. Aceste date pot rezulta din: determinări topografice în teren; digitizarea automatizată prin urmărirea detaliilor din teren; exploatarea analogică a înregistrărilor fotogrammetrice (aerofotograme analogice); exploatarea analitică şi digitală a înregistrărilor numerice; digitizarea hărților sau ortofotohărților etc. Multe din aceste tipuri au probleme comune de rezolvat. Se remarcă faptul că la realizarea unui SIG culegerea datelor are costul cel mai ridicat, circa 70-75 % din costul întregului sistem.

4.2 Metode de culegere a datelor topogeodezice

Pentru componența spațială a SIG, cele mai importante sunt coordonatele (X,Y,Z) ale punctelor determinate. Transformarea acestor coordonate în sistemul de coordonate (B,L,H) sau (φ,λ,H) respectiv (x,y,H), unde coordonatele (x,y) sunt în sistemul de proiecție al hărții sau în sistemul de coordonate al bazei de date

Coordonatele (X,Y,Z) pot fi privite ca un produs finit al lucrărilor topogeodezice. Metodele de obținere pot fi grupate în metode de determinare a unui singur punct şi metode de determinare a punctelor unei rețele. Determinarea unui singur punct se bazează pe poziționarea relativă, fie că punctele de sprijin, cu coordonate cunoscute (față de care se face determinarea) se află pe suprafața terestră (puncte geodezice sau topografice), fie în afara suprafeței terestre, la o altitudine dată (sateliții artificiali ai Pământului, de exemplu, din sistemele GPS Navstar şi GLONASS). Rețelele geodezice sau topografice asigură poziționarea reciprocă precisă a unor puncte în raport cu toate punctele învecinate, dar şi între ele. În acest caz există mult mai multe măsurători decât cele strict necesare, putându-se aplica metode de prelucrare folosind principiile statisticii matematice.

Orice rețea geodezică sau topografică se prelucrează adoptând un anumit sistem de referință. Multe rețele astronomo-geodezice primordiale au avut ca scop chiar determinarea sau îmbunătățirea parametrilor acestor sisteme de referință. În prezent toate rețelele geodezice existente se pot mai bine corela şi aprecia prin posibilitatea determinărilor GPS.

4.2.1 Folosirea sistemelor de poziționare globală NAVSTAR sau GLONASS

Sistemul NAVSTAR GPS a fost proiectat în 1973, sub conducerea Departamentului Apărării al S.U.A. Un asemenea sistem este format din trei segmente: spațial (sateliții dotați

cu ceasuri de mare stabilitate, reglate într-un sistem unitar de timp, ce emit semnale speciale, inclusiv momentele de timp şi poziţiile acestor sateliţi); segmentul de control (staţie centrală care recepţionează şi prelucrează secundele de la mai multe staţii de urmărire şi rezultatele prelucrării sunt retransmise sateliţilor prin staţii de legătură); segmentul utilizatorilor militari sau civili (măsurarea pseudodistanţei folosind diverse receptoare, fixe sau mobile, în cod C/A, în cod P etc.). În funcţie de metodele de măsurare şi prelucrare poziţionarea poate fi absolută sau relativă.

Proiectarea, efectuarea măsurătorilor GPS şi obţinerea coordonatelor finale în scopuri topogeodezice se fac cu metode specifice, în funcţie de precizia urmărită a coordonatelor finale.

Precizia determinărilor este limitată atât de numărul canalelor independente (cel puţin 4), cât şi de posibilităţile de lucru în cod P (mai nou şi în cod Y), cod ce garantează obţinerea unei precizii radicale în cazul necriptării semnalelor emise sau obţinerea preciziei necesare după 14-60 zile, în cazul criptării semnalelor.

La 2 mai 2000, orele 4.00 GMT, guvernul SUA a luat o decizie epocală privind înlăturarea disponibilităţii selective asupra sateliţilor sistemului Navstar de poziţionare globală (GPS). În acest fel a fost oprită modificarea controlată a semnalelor GPS pentru comunitatea civilă. Această creştere a preciziei va permite creşterea numărului de aplicaţii şi îmbunătăţirea aplicaţiilor de poziţionare globală existente.

Actualmente, digitizarea şi obţinerea coordonatelor detaliilor geografice se poate face direct în teren. În acest caz, unele receptoare pot fi fixe, iar unele receptoare mobile. Cel puţin unul din receptoare trebuie să fie fix, pentru obţinerea unei precizii corespunzătoare.

În fig. 4.1 este prezentat sistemul Digilog 2000, folosit pentru culegerea coordonatelor axelor căilor rutiere, a unor imagini preluate de acestea cu camere speciale de luat vederi şi a altor date tematice referitoare la drumuri (străzi, autostrăzi, şosele etc.). Sistemul este folosit în aplicaţii diverse, precum actualizarea bazelor de date SIG, verificarea acestor baze de date, inventarierea condiţiilor de semnalizare, a stării podurilor, suprafeţelor acoperitoare, inventarierea pădurilor şi drumurilor forestiere. La preluare, unei videoimagini i se asociază datele spaţiale (coordonatele videocamerei) şi alte date tematice.

Videoimaginile se preiau cu mai multe camere cu rezoluţie 640*480 sau de 2000*1000, în culori, pe 24 de biţi. Măsurarea coordonatelor de poziţie se face cu un receptor GPS montat pe aceeaşi maşină. Acest receptor poate pierde vizibilitatea electronică datorită unor clădiri înalte, pădurilor etc. Camerele şi receptorul sunt considerate periferice ale unui calculator puternic, dotat, pe lângă sistemul de operare şi programele de calcul, cu software-ul interactiv ROADVIEW IV, o aplicaţie scrisă pentru mediul ArcView, interfaţă eficientă şi rapidă între sistem şi utilizator. O versiune a calculatorului poate gestiona datele culese după prelucrare. Printre datele tematice care se asociază punctelor drumurilor pot fi valoarea traficului, informaţii privind accidentele rutiere, date de avertizare, date privind starea suprafeţei acoperitoare etc. Roadview IV este disponibil pentru sistemele de operare Windows NT, Mac OS, SGI IRIX, HP-UX şi DEC UNIX. Memorarea datelor se poate face pe mai multe tipuri de suporturi. Pe un disc CD-ROM, de 650 MB, se pot stoca videoimaginile şi datele adiacente necesare pentru 100-180 km de drum, cu distanţele între centrele de perspectivă de 10-16 m, o videoimagine necesitând un volum de memorie de circa 50-70 kB, asigurându-se memorarea on-line. Datele pot fi transferate serverului care creează şi gestionează baza de date SIG.

În fig. 4.1, la punctele 2,3 şi 4 sunt arătate ferestrele specifice software-ului Roadview IV.

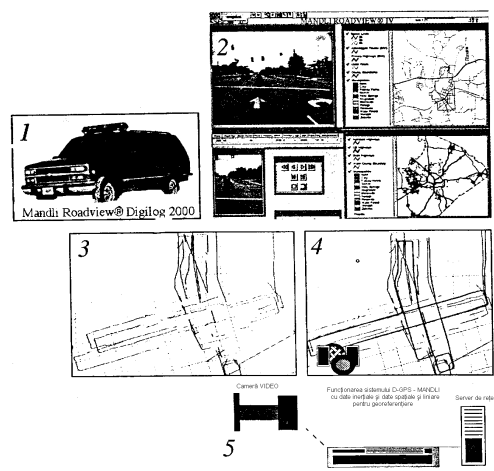


Fig.4.1 Sistemul Mandli RoadView / Digilog 2000

4.2.2 Utilizarea aparatelor topografice moderne pentru culegerea datelor

Instrumentele geodezice s-au modernizat continuu, pe baza dezvoltării microelectronicii şi în special a microcalculatoarelor. Scopul modernizării este creşterea eficienţei prin eliminarea unor operaţiuni de rutină (pregătirea instrumentelor, citirea pe cercurile gradate, înscrierea datelor în carnetele de teren, calcule preliminare şi definitive, introducerea unor coduri sau date suplimentare pentru prelucrări complexe, transferul uşor al datelor între instrument şi un calculator central etc). În principiu, automatizarea culegerii datelor se face prin: eliminarea operaţiunii de orizontalizare precisă, obţinerea în formă digitală a valorilor măsurate; transferul direct şi înregistrarea valorilor digitale, pe suport magnetic special, de tipul "carnet electronic de teren"; interschimbabil; crearea unor aparate electrice de măsurare precisă şi rapidă a distanţelor; posibilitatea cuplării "carnetelor electronice de teren" la un calculator central sau dedicat pentru transferul datelor sau posibilitatea teletransmiterii datelor rezultate din măsurători; realizarea unei prelucrări preliminare chiar în punctul de staţie etc.

Principiul de măsurare pentru noile telemetre electronice este emisia-recepţia undelor electromagnetice.

În funcţie de domeniul utilizat din spectrul electromagnetic, diferă şi bătăile instrumentelor de măsurare şi corectarea unor influenţe ale factorilor perturbatori. De o importanţă deosebită este corectarea influenţei stării atmosferei.

Staţiile totale *modulare* (rezultate prin asanblarea prin interfeţe de înregistrare pe "carnetul electronic de teren" şi a unui calculator portabil specializat) sau *compacte*, asigură: punctarea unică pentru măsurări unghiulare şi de distanţe; corectarea automată a măsurătorilor pentru înclinările axelor instrumentului, pentru influenţa refracţiei atmosferice; validarea măsurătorilor; calculul unor mărimi derivate în funcţie de măsurătorile obţinute. Firme specializate precum OPTON (Germania), AGA (Suedia), Hewlett Packard şi TOPCON (SUA), SOKKIA (Japonia şi Olanda) etc. construiesc staţii totale în mai multe variante. Se remarcă faptul că instrumentele arătat, au metode adecvate, se pot folosi pentru măsurarea reţelelor geodezice şi topografice proiectate, pentru ridicarea de detaliu sau pentru determinarea unor puncte de bază (puncte de reper) necesare ridicării prin metode fotogrammetrice (Răducanu, 1975; Turdeanu, 1997; Zăvoianu, 1987).

4.3 Culegerea datelor vectoriale prin digitizarea hărţilor şi ortofotogramelor

Cele mai multe metode folosesc drept sursă hărţile tipărite sau originalele hărţilor, cele mai folosite fiind, datorită complexităţii, hărţile topografice (Niţu C., 1997). Cele mai simple originale sunt cele ce conţin elementele de relief şi de sol. Curbele de nivel nu se intersectează între ele şi, ca atare, digitizarea nu pune probleme deosebite. Nici caracteristicile asociate fiecărei curbe de nivel nu sunt numeroase ca la alte elemente, singura caracteristică fiind cota. Din punctul de vedere al prelucrărilor ulterionare, digitizarea hărţilor se aseamănă cu digitizarea ortofotogramelor, cu singura deosebire că la acestea din urmă este necesară şi fotointerpretarea.

În cazul ortofotogramelor, pot fi făcute unele prelucrări ale imaginii, în vederea identificării foarte precise a limitelor zonelor de pixeli cu aceeaşi valoare.

4.3.1 Metode de digitizare

Principalele metode de digitizare utilizate în prezent şi în perspectivă sunt: (1) digitizarea vectorială manuală; (2) digitizarea vectorială interactivă (asistată de calculator); (3) digitizarea raster-vectorială (R-V) manuală; (4) digitizarea raster-vectorială (R-V) semiautomată; (5) digitizarea raster-vectorială (R-V) automată (fără intervenţia operatorului). Ultima metodă este mai de viitor (Niţu, C., 1995 şi 1997).

La *digitizarea manuală vectorială* (Niţu, C., Niţu, C.D., 1997d) se folosesc digitizoare vectoriale interfaţate cu procesoare cu funcţii limitate, neinteractive. Datele sunt memorate în fişiere secvenţiale. Practic, operatorul "redesenează" ipotetic harta.

Lucrul se poate solda cu omisiuni şi erori. Pentru uşurinţa culegerii datelor se folosesc meniurile grafice instalate pe suprafaţa mesei de digitizare, un astfel de meniu constituind o structură raster-grosieră (Niţu, C., Niţu C.D. 1997d). Pentru o familie de hărţi se pot folosi mai multe meniuri cu unele părţi comune. Grila face trecerea de la o matrice la o listă liniară. Un meniu are mai multe zone, printre care zona câmpurilor cu codurile numerice şi pictogramele semnelor convenţionale ale elementelor, zona câmpurilor cu informaţiile generale despre foaia de hartă sau ortofotograma digitizată, zona câmpurilor atributelor detaliilor, zona câmpurilor corespunzătoare comenzilor de apelare a unor proceduri de prelucrare etc.

Se remarcă faptul că digitizarea începe cu măsurarea şi înregistrarea coordonatelor punctelor de bază, cărora li se cunosc şi coordonatele în sistemul de proiecţie al hărţii, respectiv în sistemul geodezic de referinţă.

Digitizarea unui detaliu reprezentativ pe hartă constă în vizarea în câmpul meniu pe semnul convenţional corespunzător pe baza căruia dintr-o listă dată se va extrage codul detaliului, vizarea succesivă pe câmpurile atributelor detaliului şi introducerea după fiecare vizare şi înregistrare a valorii atributului, vizare şi înregistrarea coordonatelor unui punct, a două puncte sau a mai multor puncte care definesc clasa detaliului (punctual, liniar, areal sau inscripţie etc.).

Preluarea datelor rezultate se face la o staţie de editare (redactare). Digitizarea se face pe sesiuni pentru acelaşi original de hartă, aceaşi foaie de hartă sau aceeaşi ortofotogramă.

Fiecărui meniu grilă de codificare îi corespunde în memoria asociată programului de prelucrare o listă de coduri sau comenzi (capitolul alb V-lea).

Structura listei şi modul de completare cu date sunt descrise aprioric, iar popularea cu date se face cu un utilitar special.

La *digitizarea vectorială interactivă* calculatorul performant este introdus în staţia de digitizare împreună cu un dispozitiv sau o tabletă, cu un locator (cursor) şi un ecran grafic. Calculatorul este înzestrat cu un sistem de operare, software grafic avansat, software specializat de comandă a digitizării, de exemplu modulul ARCEDIT al pachetulului de programe Arc/Info (ESRI,1994). Ca şi la digitizarea manuală, se pot folosi meniuri grafice dispuse mai ales pe ecranul grafic. În câmpurile meniurilor sunt prevăzute şi comenzi pentru lucrul interactiv. La această metodă de digitizare pe ecran apare şi ecoul grafic, desenându-se, de regulă, fiecare element digitizat (obiect al bazei de date). Înregistrarea datelor în structura proiectată are loc după validarea operaţiunilor de digitizare pentru fiecare detaliu în parte. Datele vectoriale se înregistrează direct într-o structură superioară, coordonatele în sistemul de coordonate acceptat al bazei de date, facilitându-se accesul uşor la o dată individuală sau la un grup de date, respectiv la un obiect al bazei de date sau la un grup de obiecte, în vederea editării cartografice.

Ordinea de executare a procedurilor depinde de tipul elementelor hărţii (ortofotohărţii), de performanţele programelor suport de digitizare existente (ESRI, 1994b; Matra, 1997; Niţu C., 1992 şi 1997).

Pentru eliminarea eventualelor greşeli ale operatorului, sistemul este prevăzut cu proceduri complexe de acces şi editare grafică. Reprezentarea pe ecran (ecoul grafic) se face cu semnele convenţionale şi inscripţiile hărţii sursă sau alte semne convenţionale şi fonturi prestabilite. În pachetele de programe există şi programele suport pentru generarea meniurilor grafice necesare şi pentru generarea semnelor convenţionale şi a inscripţiilor (fonturilor). Pentru realizarea unui anumit tip de SIG, aceste semne şi inscripţii sunt alese şi introduse de proiectant (Niţu C.D., 1997). Cu metoda de digitizare descrisă s-au obţinut rezultate bune. Pentru realizarea unui SIG la nivel naţional sau internaţional, digitizarea se face în paralel la mai multe sisteme şi de către operatori diferiţi. Concatenarea bazelor de date corespunzătoare unor foi separate sau unor hărţi diferite ca dimensiune, proiecţie, scară şi conţinut se poate face la un sistem central, care, în particular, poate fi interconectat cu sistemele de digitizare-editare. În toate cazurile este bine ca schimbul de date să se facă prin intermediul formatelor standardizate (Niţu C., 1992; ICA Standard Commission, 1996 şi 1997).

Despre *digitizarea raster-vectorială (R-V) manuală* nu se tratează prea mult în acest punct, referiri mai aprofundate făcându-se la *digitizarea raster-vectorială (R-V) semiautomată*, în cele ce urmează.

Pentru a putea face unele calcule de planificare a digitizării interactive, din experienţele colectivului din care au făcut parte autorii, timpul mediu de digitizare a conţinutului unei foi de hartă a fost de 152 de ore, pentru hărţi la scara 1:50.000, de complexitate medie. De regulă s-au digitizat originalele de editare (30 de ore pentru nivelment, 10 ore pentru hidrografie, 12 ore pentru vegetaţie şi 100 de ore pentru planimetrie). S-a folosit digitizorul Summagraphics Microgrid, modulul ARCEDIT al sistemului Arc/Info (Niţu C.D., 1997) şi programele întocmite de autori.

4.3.1.1 Digitizarea raster-vectorială semiautomată

Metodele de digitizare raster-vectorială sunt cele mai eficiente. Metodele necesită o platformă hardware superioară, sisteme de gestiune a datelor, de scanare a originalului hărţii, de afişare a datelor raster rezultate din scanare şi de conversie raster-vector (R-V). Digitizarea raster-vectorială manuală diferă de metodele descrise mai sus, deoarece aceasta foloseşte imaginea hărţii sau ortofotogramei. Un asemenea sistem este MARS. În tabelul 4.1 sunt date

câteva sisteme de vectorizare (MATRA, 1997). Semnificațiile modului de vectorizare sunt: A-automat, S/A-semiautomat şi M-manual.

Cercetările noastre s-au făcut pe staţia grafică pusă la dispoziţie de către firma MATRA (MATRA, 1997), cu sistem de operare UNIX, software Motif 1.2, cu limbaj de programare C pentru dezvoltarea procedurilor, cu posibilităţi de introducere a datelor în formatele PCX, TIFF, RLE, BMP. Datele vectoriale rezultate au fost extrase în formatele DXF, Multiscope şi Arc/Info. Digitizarea unui element punctual se face ca şi la digitizarea vectorială-manuală, vizând "punctul legat" al detaliului, cu cursorul existent pe ecran cu locatorul sistemului (de exemplu mouse). Digitizarea unui element liniar segment de dreaptă se face prin vizarea aproximativă a capetelor segmentului. Sistemul găseşte automat punctele precise de început şi sfârşit ale detaliului şi le înregistrează. Digitizarea unui element liniar de tip "curbă sinuoasă" se face prin vizarea aproximativă a capetelor curbei. Sistemul găseşte automat punctele de capăt precise, exploatează traseul curbei, determină punctele axei curbei şi înregistrează automat aceste puncte (Niţu C., 1992). Digitizarea unui element areal (poligon) se face prin vizarea unui punct din interiorul elementului (poligonului). Este găsit apoi cel mai apropiat contur închis care conţine în interior punctul vizat, care se digitizează automat ca orice element liniar.

Digitizarea unui şir text se face prin vizarea aproximativă a punctelor de capăt ale textului. Textul este recunoscut pe baza tehnicii de recunoaştere a formelor (v.4.3.1.2.1).

Pentru toate detaliile (elementele) vizate, digitizate şi interpretate apare şi ecoul grafic, respectiv imaginea iluminată şi colorată diferit faţă de fond a traseelor vectoriale rezultate şi pentru fiecare element, sistemul aşteaptă decizia operatorului pentru validarea şi înscrierea în baze de date a rezultatelor operaţiunilor.

Ecoul grafic permite operatorului să verifice continuu stadiul digitizării, să înlăture eventualele omisiuni, să corecteze on-line, manual, digitizarea eronată etc. Tot prin intermediul meniurilor grafice şi al tastelor pot fi introduse toleranţele necesare (Niţu, C., Niţu, C.D., 1992a şi 1992b). Pentru digitizarea semiautomată a hărţii la scara 1:50.000, de complexitate medie, s-a obţinut timpul mediu de 98 de ore pentru o foaie de hartă. S-a folosit modulul ARCSCAN al sistemului de programe Arc/Info (20 de ore pentru nivelment, 8 ore pentru hidrografie şi 70 de ore pentru planimetrie).

Nu a fost luat în considerare timpul de scanare, verificare şi manipulare a fişierului raster şi eventuala prelucrare preliminară (Niţu C., 1992, 1995). La modulul utilizat, nu s-au obţinut rezultate satisfăcătoare la scanarea în format "pe nivele de gri", neputându-se face conversia în structură de tip GRID.

O problemă principală la recunoaşterea formelor este localizarea limitelor zonelor de pixeli. O asemenea problemă poate fi rezolvată, de exemplu, prin metoda conservării momentului. Metoda este descrisă în multe lucrări şi noi am folosit-o în lucrările de cercetare.

Pentru simplificare, fie cazul unidimensional, în care se face o încercare de modelare a unei mulţimi de date la o distribuţie de prag teoretică, aşa cum se arată în fig.4.2.

Cei trei parametri ce definesc pragul sunt valoarea h_1 a parametrului sub prag, valoarea h_2 a semnalului deasupra pragului şi x abscisa pragului.

Conservarea momentului este folosită ca un criteriu de concordanţă a unei mulţimi 1 de poziţii ale pragului ideal $f(s)$. Localizarea pragului e definită ca expresie k+1/2, unde k este valoarea necunoscută a numărului de probe de sub prag.

Tabelul 4.1 Câteva sisteme de vectorizare

Denumirea sistemului	Mediul de operare	Formatul fişierelor de intrare	Formatul datelor vectoriale rezultate	Formatul atributelor	Lucrul cu date semantice	Modul de vectorizare	Lucrul cu culorile
EasyTrace	DOS	PCX,RLC	DXF,GEN, DAT	DBF	Da	S/A,M	Da
TRACK3.3	DOS	TIFF, PCX	GEN,DXF	DBF,ASCI	Da	A,S/A,M	Nu
POCBIT	DOS Windows	TIFF, PCX	DXF,DXB CREDO	ASCII	Da	A,S/A	Nu
AutoVEC	DOS	PCX	DWG,DXF, EPS,IGES	DBF	Da	A,S/A,M	Nu
DigiMAP	Windows	BMP	DXF	DB	Da	A,S/A,M	Da
ColourFast 2.0	Windows Windows NT	PCX,BMP	DXF,MIF	DXF,MIF	Nu	A	Da
Video digitizare ptr. AutoCAD	DOS	PCX,TIFF	DXF,DXB	Fără	Da	S/A,M	Nu
CAVRIN	DOS	BMP	DXF	DBF	Da	S/A,M	Nu
GEOR	DOS	PCX	DXF	DBF	Da	S/A,M	Da
INTELVEC	DOS	PCX,TIFF	DXF,FIM HPGL	FIM (interior)	Da	A,S/A,M	Da
Vectometer	DOS	TIFF, PCX	DXF	Nu	Nu	A,S/A,M	Nu
Vectory 41	Windows Windows NT	RLC, PCX, BMP, TIFF,……	DXF,DXB, PIC, ASC, DWG,….	MIF-MID, DLG (în viitor)	Nu	A,M	Nu
Spotlight 2.0	Windows Windows NT	RLC,RCX, BMP,TIFF	DXF,MOS, FI, FIM, …	MIF-MID, DLG (în viitor)	Nu	S/A,M	Nu
CKM Vectorizer	DOS Windows	PCX,TIFF	DXF,DXB, PIC, ASC,..	DBF, FI, FIM, FT, …	Da	A,S/A,M	Da
AUTOVECT	Windows	LRD, PCX, TIFF	DXF	DBF	Da	A,S/A	Nu
AUDRE 0/30	Windows NT, UNIX SUN-OS, Solaris	TIFF, CALS, VIDAR	Dist.Script. IGES,DXF, CEM,HPGL	Nu	Nu	A,S/A	Nu
IVEC/ IGEO-VEC	DOS Windows UNIX	RGB,TIFF, PCX, BNP,…..	DGN, DXF,…..	DMP, DBF	Da	A,S/A,M	Da
ArcScan	UNIX	TIFF,RLC	Arc/Info	Arc/Info	Da	A,S/A,M	Nu
GIS "INFOSO"	DOS	PCX,TIFF, GIF,….	DXF	?	Da	S/A,M	Da

Deoarece există trei necunoscute, considerăm că primele trei momente ale probei de selecție corespund celor ale distribuției ideale, adică:

$$\overline{m}_j = \frac{k}{n} h_1^j + \frac{n-k}{n} h_2^j \qquad (4.1)$$

pentru j = 1,2,3, unde

$$\overline{m}_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} l_i^j \qquad (4.2)$$

este momentul de selecţie de ordinul j, j reprezentând în formulă exponentul.
Cele trei ecuaţii date de relaţia (4.1) pot fi rezolvate direct, obţinându-se şi soluţia (4.3) pentru k

$$k = \frac{n}{2}\left(1 - \frac{c}{\sqrt{4 + c^2}}\right) \qquad (4.3)$$

unde:

$$c = \frac{1}{\sigma^3}\left(3\overline{m}_1\overline{m}_2 - \overline{m}_3 - 2\overline{m}_1^3\right) \qquad (4.4)$$

este oblicitatea datelor şi

$$\sigma^2 = \overline{m}_2 - \overline{m}_1^2 \qquad (4.5)$$

Din relaţia (4.3) se observă că mărimea k nu trebuie să fie un întreg şi, ca atare, se obţine o valoare exprimată chiar în fracţiuni de pixeli.

Această metodă a localizării pragului (frontierei zonelor de pixeli) presupune ca datele sau valorile să fie monoton crescătoare. Aceasta nu se întâmplă dacă e prezent zgomotul. Iată de ce, în cazul tuturor geoimaginilor, este necesară prelucrarea preliminară. Este foarte uşor de aplicat principiul conservării momentului, care duce la estimaţii parţiale dacă pragul este lângă centrul ariei considerate (Vlaicu, 1997).

Fie $f(s,t)$ ieşirea unui sistem ideal de prelucrare a imaginii, respectiv o funcţiei ideală de imaginea iniţială. Se consideră apoi un sistem imagine invariant spaţial cu o funcţie de distribuţie punctuală $p(s,t)$, presupusă cunoscută.

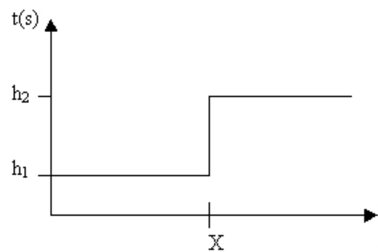


Fig. 4.2 Funcţia prag teoretică

Fie $f(s,t)$ o variabilă aleatoare care reprezintă măsurătoarea la poziţia de selecţie (s,t). Se poate modela cantitatea măsurată folosind convoluţia:

$$\bar{l}(s,t) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(\xi,\eta)\,p(s-\xi, t-\eta)\,d\xi\,dn \qquad (4.6)$$

Fie o mulţime de μ parametri $\underline{x}$ ce caracterizează complet variabila aleatoare $f(s,t)$ în zona de interes a imaginii.

Relaţia (4.6) mai poate fi scrisă ca:

$$\bar{l}(s,t) - f(s,t;x) * p(s,t) = 0 \qquad (4.7)$$

unde simbolul * reprezintă operatorul de convoluţie. Pentru elementul de imagine ij, care este o selecţie a convoluţiei $l(s,t)$ pentru $s=s_i$ şi $t=t_j$, se poate scrie ecuaţia de condiţie liniarizată sub forma:

$$\bar{l}_{ij}^{\circ} + v_{ij} + B_{ij}\Delta = -F_{ij}(\underline{x}^{\circ}) \qquad (4.8)$$

unde: l_{ij}° este estimaţia iniţială a observaţiei;

v_{ij} este eroarea de măsurare;

B_{ij} este mulţimea derivatelor parţiale ale funcţiei $F_{ij}(\underline{x})$ după parametri $\underline{x}=\underline{x}^{\circ}$;

$$F_{ij}(\underline{x}) = -f_{ij}(x) * p_{ij} \qquad (4.9)$$

$\underline{x}^{\circ}$ este mulţimea valorilor iniţiale ale parametrilor;

Δ este mulţimea corecţiilor parametrilor.

Relaţia (4.8) reprezintă o ecuaţie de erori (corecţii). Sistemul de ecuaţie de erori (corecţii) de acest tip se poate rezolva prin metoda măsurătorilor indirecte, prin formarea ecuaţiilor normale, după metodologia cunoscută.

Se poate relua setul de consideraţii pentru cazul pragului monodimensional (unidimensional). Pentru distribuţia din figura precedentă, fie modelul ideal (4.10) al unui prag sau discontinuitate într-un semnal unidimensional exprimat ca:

$$f(s) = h_1 + (h_2 - h_1) \cdot V(s - x) \qquad (4.10)$$

unde V este funcţia $V(s) = 1$ pentru $s \geq 0$ şi $V(s) = 0$, pentru $s < 0$.

Forma unidimensonală a relaţiei (4.6) este relaţia:

$$\bar{l}(s) = f(s) * p(s) \qquad (4.11)$$

unde p(s) este funcţia de distribuţie liniară, care mai poate fi scrisă şi sub forma liniarizată din relaţia (4.8). Dacă *p(s)* este distribuţia Gauss, atunci rezultă reprezentările cunoscute ale funcţiilor de distribuţie.

Pot fi folosite şi alte funcţii de distribuţie. Este posibilă, în rezolvarea prin metoda celor mai mari pătrate, "autocalibrarea", prin estimarea parametrilor funcţiei distribuţiei de selecţie. În acest caz, în afară de mărimile h_1, h_2 şi X din fig. 4.2, se determină şi parametrul d, care reprezintă lăţimea benzii funcţiei de distribuţie. În tabelul 4.2 sunt date câteva valori determinate pentru date imagine simulate, pentru mai multe distribuţii (Fedra, 1990).

Modelul extins al metodei sumei minime a pătratelor, în care şi lăţimea d a pragului a fost determinată, a dat rezultate bune pentru ambele tipuri de funcţii.

Precizia estimării poziţiei pragului (limitei sau frontierei comune a două zone de pixeli cu valori diferite) depinde numai de lăţimea funcţiei de distribuţie şi de raportul semnal-zgomot.

Cele mai bune rezultate au fost obţinute, se vede şi din tabel, cu metoda sumei minime a patratelor erorilor (metoda celor mai mici pătrate).

În concluzie, se poate găsi limita (frontiera) descrisă, care în cazul obiectelor punctuale va fi o curbă închisă ce limitează o zonă de pixeli fie de aceeaşi valoare, fie de valori diferite.

Tabelul 4.2 Determinarea pragului cu date simulate

Caracteristici ale datelor			Eroarea medie pătratică a lui X (în pixeli)	
Lățimea distribuției	Tipul distribuției	Nivelul de zgomot (%)	Conservarea momentului	Metoda pătratelor minime
1 pixel	Rectangulară	0	0,073	0,000
		1	0,074	0,010
		10	0,192	0,106
	Gauss	0	0,027	0,003
		1	0,032	0,015
		10	0,223	0,164
Presupusă necunos-cută	Rectangulară	0	0,007	0,000
		1	0,024	0,023
		10	0,299	0,231
	Gauss	0	0,011	0,000
		1	0,033	0,033
		10	0,384	0,346

Analiza pixelilor limitei conduce la o metodă de recunoaştere a simbolurilor punctuale bazată pe forma conturului exterior (Nițu, C., Nițu, C.D.,1993), iar analiza pixelilor întregii zone delimitate duce la altă metodă. Cele două metode vor fi descrise în continuare.

4.3.1.2 Digitizarea raster-vectorială automată

4.3.1.2.1 Recunoaşterea obiectelor punctuale

A. Recunoaşterea obiectelor punctuale folosind serii Fourier

Pentru aplicarea metodei (Nițu, C., Nițu. C.D., 1993), după găsirea pixelilor limitei se atribuie fiecărui pixel coordonatele (x,y) într-un sistem dorit, astfel că întregul contur este descris de punctele P_i într-o ordine stabilită, respectiv $P_i\,(x_i,y_i),\ i=1,n$.

Scopul aplicării metodei este să se determine poziția obiectului punctual, orientarea acestuia, scara şi să se recunoască tipul obiectivului dintr-o listă existentă, eventual să se completeze lista cu acest obiect şi cu caracteristicile sale.

Şirului de coordonate ale conturului obiectului i se aplică o transformare Fourier, determinându-se coeficienții transformării. Aceşti coeficienți, după determinare sunt normalizați, pentru a putea fi comparați cu cei din lista dată. La compararea coeficienților se poate stabili şi o mulțime de valori de prag.

Coeficienții din listă, nominalizați, se stabilesc aprioric, cunoscând coordonatele teoretice ale semnelor convenționale şi ale caracterelor de scriere.

Relația curbei de contur poate fi scrisă sub formă complexă (4.12), cu reprezentarea sa din planul complex (fig. 4.3), unde *x(t)* şi *y(t)* sunt coordonatele punctului în planul comple*x*, la momentul *t* (figura 4.3).

$$f(t) = x(t) + i\,y(t) \qquad (4.12)$$

Parcurgând traseul curbei în planul complex în sensul direct acelor de ceas, curba f devine o funcție de timp. Timpul total de parcurgere a întregii curbe închise, cu viteză uniformă, este perioada *T*. Considerând că f(t) este o funcție periodică continuă, poate fi dezvoltată în serie Fourier de forma:

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} c_n \cdot e^{i\frac{2\pi n}{T}t} \tag{4.13}$$

Câteva proprietăți ale seriei Fourier o fac propice pentru aplicarea în cazul exploatării geoimaginilor.

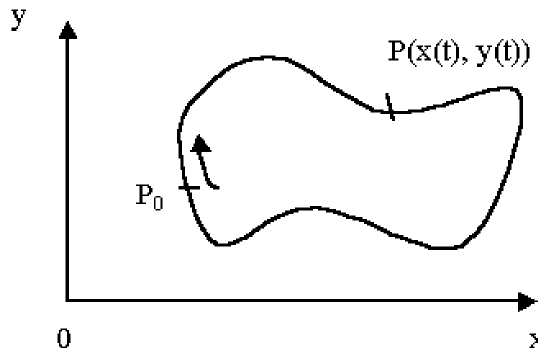


Fig. 4.3 Curba în planul complex

Translația. Dacă un obiect este translatat în planul complex (câmpul imaginii) cu valoarea $z_0 = x_0 + i\ y_0$, atunci $f'(t) = f(t) + z_0$, între coeficienții celor două funcții de timp existând relația $c'_0 = c_0 + z_0$, respectiv $c'_n = c_n$ pentru $n \neq 0$.

Rotația. Dacă un obiect se roteşte în jurul originii cu un unghi α, atunci termenii au o decalare de fază constantă, adică $f'(t) = f(t)\ e^{i\alpha}$, respectiv $c'_n = c_n\ e^{i\alpha}$.

Omotetia. Dacă se modifică scara unui obiect cu un factor *k*, atunci $f\ (t) = k\ f(t)$, respectiv $c'_n = k\ c_n$.

Modificarea punctului inițial P_0. Modificând punctul de start cu valoarea t_0, atunci $f'(t) = f\ (t + t_0)$, respectiv:

$$c_n^{'} = c_n e^{i\frac{2\pi n}{T}t_o} \tag{4.14}$$

Pentru faptul că imaginea este formată din pixeli a căror latură este dată de rezoluția spațială, se consideră totdeauna că frontiera detaliului are forma unui poligon. Orice curbă poate fi aproximată de o linie poligonală, de fapt aceste coordonate se păstrează pentru datele vectoriale, cu o discretizare extrem de fină. Modul concret de calcul al coeficienților porneşte de la faptul că funcția *f(t)* se descompune într-un număr de armonice simple, proprietățile armonicelor individuale fiind lungimea de undă (distanța dintre două creşteri succesive) şi amplitudinea (jumătate din distanța dintre un minim şi un maxim). Armonicele individuale sunt independente între ele, se pot însuma, dând naştere unor curbe extrem de complicate. Curba de contur poate fi descompusă progresiv în armonice simple sau, invers, armonicele simple se pot combina pentru a da naştere unei curbe foarte apropiate de conturul semnului convențional sau obiectului teoretic, cu condiția să existe un număr suficient de mare de armonice şi de puncte cu coordonate ale conturului obiectului din imagine.

În afară de modul de exprimare cu formula (4.10) se poate aplica şi forma:

$$y = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}\left(a_n \cdot \cos\frac{n\pi x_i}{L} + b_n \cdot \sin\frac{n\pi x_i}{L}\right) \tag{4.15}$$

în care $n = 1,2,\ldots,\infty$; *y* - este *f(t)*, a_0 este coeficientul termenului în cosinus de grad zero, *n* este gradul termenului, a_n şi b_n sunt coeficienții termenilor în cosinus şi sinus, iar x_i sunt abscisele punctelor cunoscute, iar *k* este numărul maxim de puncte cu coordonate ($i = 1,2,\ldots,k$).

În acest caz, pentru coeficienții a_n şi b_n se folosesc relațiile:

$$a_n = \frac{1}{L}\int_{-L}^{L} y \cdot \cos\frac{n\pi x}{L}$$
$$b_n = \frac{1}{L}\int_{-L}^{L} y \cdot \sin\frac{n\pi x}{L} \tag{4.16}$$

Coeficienții se pot obține şi prin integrarea numerică în cazul în care punctele cunoscute sunt la intervale Δx egale, astfel că există relația:

$$a_n = \tfrac{2}{k}\left[\frac{y_0 + y_k}{2} + \sum_{i=1}^{k-1} y_i \cos\frac{n\pi x_i}{L}\right]$$
$$b = \tfrac{2}{k}\sum_{i=1}^{k-1} y_i \sin\frac{\pi n x_i}{L}, n = 1,2,k...,k/2 \tag{4.17}$$

În bibliotecile matematice şi statistice pentru determinarea coeficienților seriilor Fourier există proceduri adecvate (Haslet et al, 1990).

Revenind la dezvoltarea formulei (4.15) pentru cazul punctelor de contur, coeficienții pot fi determinați cu formula:

$$c_n = \frac{T}{4\pi^2 n^2}\sum_{p=1}^{k}\frac{\Delta f_p}{\Delta t_p}\left\{e^{-i\frac{2\pi n}{T}t_p} - e^{-i\frac{2\pi n}{T}t_{p-1}}\right\}, n \neq 0 \tag{4.18}$$

Având în vedere discretizarea curbei, respectiv relația:

$$t_p = \sum_{i=1}^{p} \Delta t_i \tag{4.19}$$

$t_0 = 0$, k este numărul de laturi ale poligonului şi $T = t_k$.

Pentru termenul c_0 se foloseşte relația:

$$c_o = \tfrac{1}{T}\sum_{p=1}^{k}\left\{\tfrac{1}{2}\Delta f_p + f_{p-1}\right\}\Delta t_p \tag{4.20}$$

unde $f p = f_{p-1} + \Delta f_p$.

Implementarea algoritmului poate fi mult uşurată dacă se ia pasul unghiular constant pentru punctele cunoscute, de exemplu în 8 puncte (la intersecția axelor şi diagonalelor cu curba, respectiv pe cele patru semiaxe şi pe cele patru semidiagonale). Pentru o rezoluție mai bună se pot considera şi mai multe puncte.

Datorită caracteristicilor de simetrie a unor obiecte, mulți termeni ai dezvoltării sunt nuli.

Importanța coeficienților derivă din proprietățile amintite ale seriilor Fourier. Coeficienții de ordinul zero vor da centrul de greutate $P(x_0 , y_0)$ al curbei de contur a obiectului, respectiv $c_0 = x_0 + iy_0$.

Combinarea coeficienților c_1 şi c_3 dă unghiul de rotație față de axa 0x, ceea ce interesează mai puțin în cazul analizat.

În figura 4.4 se arată câteva obiecte punctuale (la culoarea negru), recunoscute şi redesenate folosind datele vectoriale printr-o corespondență de alte semne la altă culoare, pentru a se pune în evidență pe acelaşi desen atât calitatea recunoaşterii, cât şi precizia de poziționare.

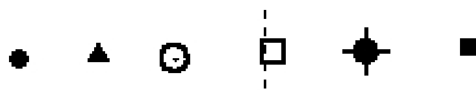


Fig. 4.4 Obiecte punctuale identificate (interpretate) prin metoda seriilor Fourier

B. Recunoaşterea obiectelor punctuale cu folosirea teoriei mulţimilor fuzzy

Conceptul teoriei mulţimilor fuzzy a fost introdus de Zadeh (Isaaks et al, 1989), pentru analiza sistemelor complexe şi proceselor de decizie. Concepţia se bazează pe faptul că elementele gândirii umane nu sunt numere, ci clase, în care tranziţia de la elemente membre la elemente nemembre nu este abruptă (salt), ci graduală. Se consideră că motivarea şi gândirea umană nu constituie o logică bi sau multivalentă, ci o logică cu variabile fuzzy. Caracreristicile principale ale concepţiei teoriei mulţimilor fuzzy sunt: folosirea variabilelor lingvistice în locul sau împreună cu variabilele numerice; folosirea pentru reprezenterea relaţiilor simple dintre variabile a instrucţiunilor de condiţie fuzzy; folosirea algoritmilor fuzzy pentru reprezentarea relaţiilor complexe. În multe domenii ştiinţifice sau practice se foloseşte teoria mulţimilor fuzzy. Au fost dezvoltate limbaje fuzzy, gramatici fuzzy, teoria automatelor fuzzy şi algoritmi fuzzy.

Pe de altă parte şi splinurile cubice şi-au dovedit aplicabilitatea în multe domenii. Conceptul de spline este similar interpretării datelor şi altor probleme ale analizei numerice. În multe lucrări s-au folosit şi în România dezvoltările pe baza funcţiilor spline (Serediuc, 1996; Niţu C., 1992 şi 1995 etc).

În cele ce urmează se fac unele considerente asupra descrierii şi recunoaşterii obiectelor punctuale (semne convenţionale punctuale, litere, cifre şi semne speciale).

a) Descrierea lingvistică a obiectelor punctuale

În cazul simplificat, orice semn convenţional sau caracter se poate descrie schematic cu opt detalii de bază, potrivit limbajului de descriere a semnelor convenţionale. Detaliile de bază sunt: (1) segmentul orizontal — ; (2) segmentul vertical | ; (3) segmentul înclinat cu 45° la dreapta / ; (4) segmentul înclinat cu 45° la stânga faţă de axa verticală \; (5) segmentul de curbă (în particular arc) $\cap$; (6) segmentul de curbă $\cup$; (7) segmentul de curbă (arc) $\subset$; (8) segmentul de curbă (arc) $\supset$.

Toate elementele de mai sus se pot întâlni în noduri, respectiv în puncte de racordare. De aceea este necesar a se cunoaşte coordonatele acestor noduri. La recunoaştere este bine a se materializa (descoperi) nodurile. Porţiunile dintre noduri trebuie apoi determinate, din familia celor 8 posibilităţi.

Funcţia de apartenenţă printr-un detaliu segment de dreaptă se poate scrie ca :

$$\mu_{SD} = \begin{cases} (1 - r/a) & \text{daca } r < a \\ 0 & \text{in caz contrar} \end{cases} \qquad (4.21)$$

unde 2a este lungimea între punctele A şi B (fig. 4.5), respectiv între capetele unui arc (arcului).

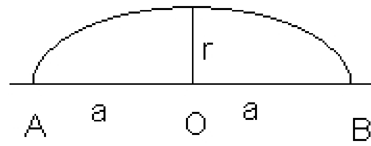


Fig. 4.5 Arcul şi segmentul de dreaptă

Săgeata arcului (distanța punctului cel mai depărtat de pe arc de la segmentul AB, coarda arcului) are lungimea r. Funcțiile de apartenență la segmentul orizontal sau la cel vertical sunt date de relațiile :

$$\mu_0 = \begin{cases} 1 - |m_x|, & \text{pentru } m_x \le 1 \\ 0, & \textit{pentru } m_x > 1 \end{cases}$$
$$\mu_V = \begin{cases} 1 - 1/|m_x|, & \text{pentru } m_x \ge 1 \\ 0, & \textit{pentru } m_x < 1 \end{cases} \qquad (4.22)$$

unde m_x este panta elementului (segmentului).
Funcția de apartenență la clasele segmentelor oblice este:

$$\mu_{ob} = \left\{ 1 - \left| \frac{\theta - \pi/4}{\pi/4} \right| \right\}, pentru O < (m_x) < \infty \qquad (4.23)$$

Semnul lui m_x va da fiecare din cele două cazuri:
$m_x > 0$ – cadranele I şi II; $m_x < 0$ – cadranele II şi IV.

Funcția de apartenență la clasa curbelor orizontale (∪ sau ∩) este:

$$\mu_0 = 1 - \min\{\min|\theta|, |\pi - \theta|, |2\pi - \theta| / \pi / 2, 1\} \qquad (4.24)$$

unde $\theta = arctg\ m_x$

Paşii de determinare a apartenenței unui element dat la una din cele opt clase sunt uşor de intuit.

b) Clasificarea

Orice semn convențional punctual, caracter sau semn special se înscrie sub formă de date raster în formă binară, într-o matrice de 20 * 20 pixeli (fig. 4.6).

Pentru clasificare, pentru fiecare semn convențional sau caracter (cifră, literă sau semn special), după completarea matricilor corespunzătoare pentru elementele simplificate (axele segmentelor sau arcelor de curbă) se stabilesc definițiile lingvistice, ca în tabelul 4.3.

Codurile rezultă din prezența elementelor 1 în matrice şi se pot stabili ca algoritmi speciali (Nițu C., 1992). Din modul de descriere a obiectelor punctuale se observă că pentru imaginea de analizat este necesară subțierea (simplificarea liniilor).

c) Relația de similaritate fuzzy

Relația de similaritate fuzzy va da foarte bune rezultate pentru identificarea obiectelor punctuale, în special pentru cele ale hărților numerice (digitale).

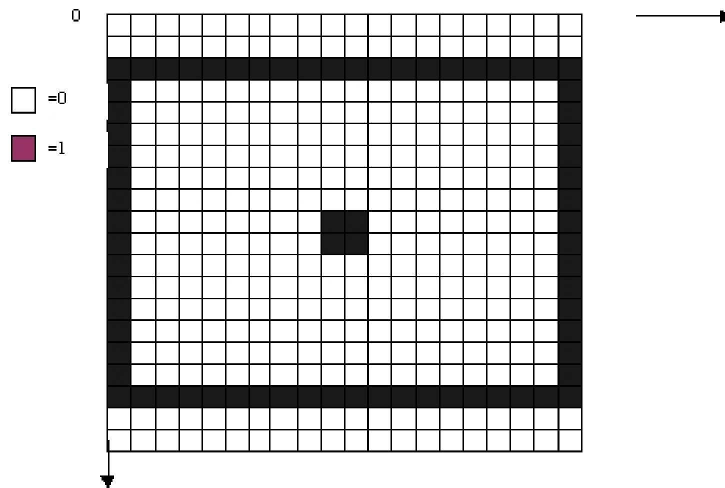


Fig. 4.6 Exemplu de descriere a unui semn convențional punctual

Tabelul 4.3. Definițiile lingvistice ale obiectivelor punctuale

Obiectul punctual	**Definiția lingvistică**	**Codul**
Δ A	Diagonală stg. + diagonală dr. + segment orizontal Două diagonale stg. + două diagonale dr. + segment orizontal	00220100 10220000
O	O curbă ∩ + o curbă ∪	02010000

Între două mulțimi *X* şi *Y* relația fuzzy *R* este reprezentată de o submulțime a produsului cartezian *X* şi *Y*

$$R = \int_{(x,y)\in X\times Y} \left[\mu\,(x,y) | (x,y)\right] \quad (4.25)$$

unde *μ(x,y)* reprezintă funcțiile de apartenență.

Relația R (4.24) este de similaritate, fiind reflexivă, simetrică şi cu tranzitivitate max-min, adică:

$$\mu(x,x)=1 \text{ si } \mu(x,y) <1, \text{ pentru } y\neq x \text{ şi } \forall\, x \in X$$
$$\mu(x,y)=\mu(y,x), \text{ pentru } \forall(x,y) \in Y \quad (4.26)$$
$$\mu(x,z)= \text{max-min } \{ \mu\,(x,y), \mu\,(y,z)\},$$

pentru $\forall(x,y,z) \in X,Y \in X$

d) Extragerea caracteristicilor

Extragerea caracteristicilor este o etapă importantă în recunoaşterea obiectelor punctuale. În matricea liniară în care este înscris obiectul punctual, caracteristica principală este distanţa. De la colţurile grilei (matricei) şi de la mijloacele laturilor se pot măsura distanţele până la liniile desenate (prezenţa cifrei 1) corespunzătoare matricei (cu direcţia spre centrul grilei). Cele 8 distanţe, măsurate în pixeli, formează un vector, după stabilirea unei ordini şi parcurgerea rotirii din centru în sens direct sau invers acelor de ceasornic. Vectorul V este:

$$V = (d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8) \quad (4.27)$$

Pentru semnul din figura 4.6 rezultă:

$$V = (1, 2, 2, 2, 0, 2, 2, 2, 0) \quad (4.28)$$

cu primul punct în mijlocul laturii din dreapta şi parcurgerea în sens invers acelor de ceasornic. Este bine ca aceste distanţe să fie normalizate, prin împărţirea la distanţa maximă dintre ele, în cazul practic 2, astfel că valorile distanţelor vor fi cuprinse între 0 şi 1, obţinându-se:

$$V_N = (\ 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 1, 0\ ) \quad (4.29)$$

Clasificarea obiectelor

Clasificarea obiectelor punctuale se face cu funcţia de similaritate fuzzy pentru vectorul distanţelor normalizate V_N .

Dacă V_N este reprezentat de X

$\{X_i\} \in X$ sau $X_i \in X$ pentru 1,2,…, N

unde N reprezintă numărul obiectelor punctuale, atunci funcţia de similaritate fuzzy este dată de relaţia :

$$\mu_i(X_i, X_j) = 1 - \left[\sum_{k=1}^{8} \left(a_i^k - a_j^k\right)^2\right]^{1/2}, pentru X_i, X_j \in X \quad (4.30)$$

unde a_i şi a_j sunt elementele vectorului normalizat.
Valoarea funcţiei de similaritate (4.29) între caracteristicile necunoscute şi tot setul de obiecte punctuale se determină în cazul unei mostre de imagine. Se alege din listă valoarea maximă a caracteristicii după care se face clasificarea.
Fie obiectul punctual γ definit de un grup de pixeli în geoimagine.
Din pixelii zonei de imagini se determină:

$$F(\gamma) = (a_\gamma^1, a_\gamma^2, a_\gamma^3, a_\gamma^4, a_\gamma^5, a_\gamma^6, a_\gamma^7, a_\gamma^8) \quad (4.31)$$

Valorile de similaritate fuzzy sunt:

$$\mu_s(\gamma, X_i) = 1 - \left[\sum_{k=1}^{8} \left(a_\gamma^k - a_i^k\right)^2\right]^{1/2} \quad (4.32)$$

unde $x_i \in$ mulţimii tuturor obiectelor punctuale şi

$$F(x_i) = (a_i^1, a_i^2 \ldots\ldots, a_i^8) \qquad (4.33)$$

Obiectul punctual γ din imagine poate fi clasificat ca aparţinând obiectelor punctuale descrise, dacă:

$$\mu_s(\gamma, X_m) > \mu_s(\gamma, X_i) \qquad (4.34)$$

pentru toate valorile X_i , doar cu $x_m \neq X_i$.

Rezultate

În figura 4.7 este arătată imaginea unor semne convenţionale şi inscripţii recunoscute cu metoda descrisă. Pentru a demonstra corectitudinea interpretării obiectelor interpretate li s-au atribuit alte semne convenţionale sau alt caracter de scriere, translatate la o distanţă constantă faţă de obiectele iniţiale. Liniile s-au desenat nesubţiat, deoarece liniile cu lăţimea de un pixel nu apar pe imaginea reprezentată la ploter sau imprimantă.

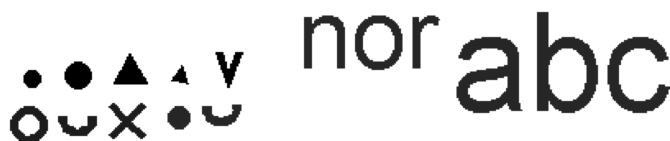


Fig. 4.7 Exemplificarea unor semne convenţionale şi inscripţii recunoscute cu metoda descrisă

4.3.1.2.2 Recunoaşterea şi digitizarea obiectelor liniare şi areale

Nu s-au făcut referiri mai sus decât parţial la necesitatea prelucrării imaginilor, nici la digitizarea semiautomată, nici la digitizarea automată. În cazul de faţă se va vedea foarte clar ce prelucrări trebuie să fie făcute pentru uşurarea recunoaşterii traseelor elementelor liniare sau a contururilor elementelor areale. Succesiunea operaţiilor executate este următoarea (Niţu, C, Niţu, C.D., 1997d): obţinerea geoimaginii raster (recepţionarea datelor sau scanarea geoimaginii) şi prelucrarea preliminară a acesteia; transformarea imaginii digitale într-un număr limitat de trepte de gri sau, în cazul hărţilor în imagine binară; eliminarea zgomotului; scheletizarea (subţierea prin erodare); urmărirea obiectelor liniare (contururilor obiectelor areale), semiautomat sau automat, şi înregistrarea coordonatelor obiectelor.

Recepţionarea datelor raster sau scanarea geoimaginii

Scanerele cele mai utilizate se bazează pe tehnologia CCD. Geoimaginile digitale raster sunt codificate, de regulă, pe opt biţi. Din punct de vedere al exigenţelor cartografice, rezoluţia poate fi mică (300 dpi), medie (800 dpi) şi mare (peste 1200 dpi). Imaginile fotogrammetrice impun o rezoluţie superioară (Răducanu D.G., 1997).

Câteva sisteme pentru scanarea fotogramelor sunt date în tabelul 4.4 (Niţu, C.,Niţu, C.D., 1995).

Tabelul 4.4 Scanere fotogrammetrice

Denumire	Producător	Caracteristici		
		Dimensiunea zonei scanate (cm)	**Rezoluția (μ)**	**Viteza (min)**
PHOTOSCAN DSA	Intergraf ZEISS	26*26	7,5-120	12
DSW 200	Helava Associates	26,5*26,5	5-15	5
DSW 100	Helava Associates	24,5*25,4	7-80	18
DISC	International SisteMap	32*32	10-40	10
VX 3000 Plus	Vexcel Imaging	24,4*50,8	8,5-160	16
RASTER MASTER RM	Wehrli & Associates	25*25	12	18
HP Scanjet II Cx	Hewlett Packard	21*23	15	7

Acestea se livrează cu sisteme de calcul şi programe suport. Pentru scopuri cartografice, având în vedere şi dimensiunile hărților, se poate folosi sistemul Optronix 5040 sau sistemul scaner ploter-raster (filmrecorder). Sistemul (figura 4.8) poate scana geoimagini cu dimensiunile maxime de 127*100 cm, cu rezoluții de 12,5; 25; 50; 100 şi 200 μ, alb-negru sau color, având şi posibilități de compresie a datelor pentru reducerea dimensiunii fişierului. Ploterul raster (filmrecorder), pe principiul laser, realizează reprezentarea în alb-negru pe film, fiind excelent pentru obținerea originalelor de editare.

Prelucarea preliminară a datelor raster digitale recepționate sau scanate implică un număr limitat de operațiuni (3.4), finalizate cu aranjarea datelor în formate specifice prelucrărilor ulterioare. În cazul experiențelor noastre au fost recepționate date în formatele PCX, TIFF, RLE şi BMP, fiind transformate în formatul BMP pentru o prelucrare mai uşoară. Datele de ieşire (vectoriale) au fost în formatul DXF şi formatul propriu al software-ului MULTISCOPE (Matra, 1997; Nițu, C., 1992).

Transformarea geoimaginii raster

Nu se fac referiri aici la toate transformările ce se fac asupra geoimaginilor, ci doar la câteva transformări care uşurează interpretarea şi punerea în evidență a obiectelor liniare (inclusiv a contururilor obiectelor areale).

Pentru geoimaginile de teledetecție sau fotogrammetrice, cu algoritmi specifici se identifică limitele zonelor, iar pentru o şi mai bună vizualizare se reduce numărul de trepte de gri pe diferite combinații de imagini inițiale, respectiv se aplică numai transformări radiometrice, în special de transformare a contrastului etc.

În figura 4.9 sunt date cele două imagini - inițială şi transformată, pentru evidențierea unor zone acvatice, în cadrul cercetărilor desfăşurate de noi în cadrul proiectului VIRGOS.

Acum se face uşor chiar găsirea capetelor liniilor şi urmărirea automată a acestora.

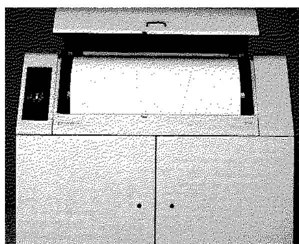


Fig 4.8 Sistemul scaner OPTRONIX 5040

Metoda de căutare se bazează pe analiza în submatricea de 3*3 pixeli.

Pentru geoimaginile raster obținute prin scanarea hărților, imaginea se transformă în imagine binară. Din punct de vedere cartografic, nu interesează nivelul de gri al pixelului, ci mai ales prezența sau absența imaginii. Transferarea în imagine binară se face prin reducerea celor 256 de trepte la două trepte, în funcție de o valoare de prag care să nu ducă la eliminarea unor elemente de imagine. Toate valorile pixelilor mai mari sau egale cu valoarea de prag se înlocuiesc cu valoarea 0, iar celelalte cu 1.

În figura 4.10 este arătată imaginea binară a unei geoimagini cu căi de comunicație. Se observă că imaginea conține numai valorile 1 (alb) şi 0 (negru). Pe această imagine se observă că obiectele liniare sunt de diferite grosimi. Pentru poziția obiectelor în SIG interesează doar punctele de pe axele drumurilor. În cazuri mai simple, cu un număr redus de detalii cartografice, se poate face şi o interpretare bazată pe lățimea în pixeli a obiectului liniar.

Deoarece procedura de binarizare funcționează corect pentru majoritatea reprezentărilor cartografice, unele scanere pot avea implementată procedura în hardware, problemă ce ar trebui avută în vedere la stabilirea cerințelor pentru achiziționare.

La binarizare pot apare erori la intersecția a două elemente liniare cu valori ale densității optice de o parte sau de alta a valorii de prag aleasă de către operator şi ca atare trebuie folosite metode adaptate (Nițu C.D. et. al, 1995a), constituind mai întâi histograma locală a fiecărui pixel, bazată pe valorile pixelilor vecini (8 sau 24 pixeli vecini).

Valoarea de prag poate fi diferită pentru diferite porțiuni ale geoimaginii. Pentru geoimagini de acelaşi tip, de exemplu pentru cele obținute din scanarea originalelor de editare ale hărților, pot fi făcute analize apriorice şi pot fi determinate diferite valori de prag.

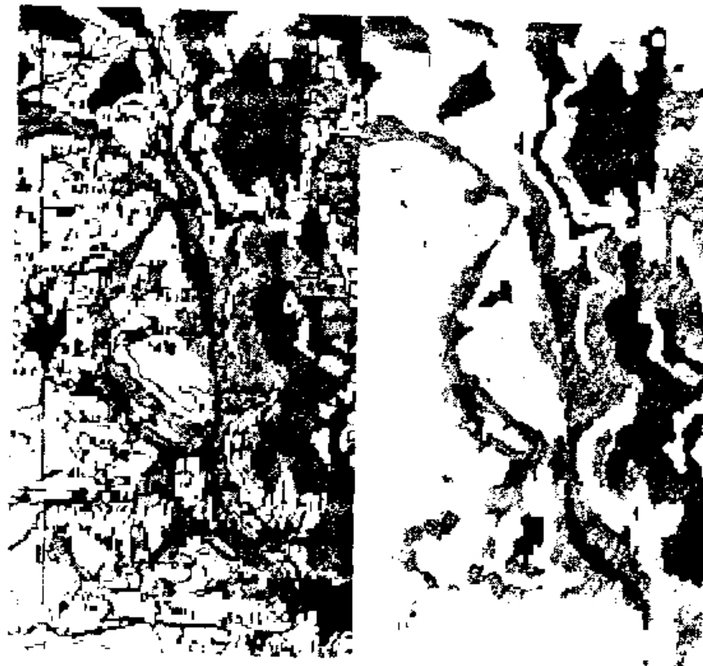


Fig. 4.9 Geoimagine transformată prin reducerea numărului de trepte de gri

Pentru originalele de editare pe diapozitive ale hărților topografice, valorile de prag pot varia în intervalul (30, 210).

Pentru figura 4.10 a fost stabilită în final valoarea de prag de 120. Cele două figuri din stânga sunt în negativ, respectiv în pozitiv, la tipărire, pentru a se vedea posibilitățile de transformare.

Eliminarea zgomotului

În imaginea raster inițială codificată pe 8 biți poate apare zgomot, determinat de interferența razelor reflectate sau refractate ale scanerului, pentru faptul că lungimea de undă este comparabilă cu rugozitatea suportului hărții.

Pentru cazul fotogramelor acest zgomot nu este sesizabil, dar pentru cazul hărților, după binarizare va fi sesizabil şi în geoimaginea binară (cu valoarea pixelului codificată pe un bit). Zgomotul se manifestă printr-un grup izolat de pixeli de aceeaşi valoare (0 în caz că zgomotul se manifestă pe un fond de valori de 1 şi 1 în caz contrar, în funcție de valoarea de prag aleasă). O metodă simplă de eliminare a acestui zgomot constă în determinarea ariei în pixeli a zonei, prin numărarea pixelilor de aceeaşi valoare, compararea acestei arii cu o valoare de prag (aria în pixeli a celui mai mic detaliu al hărții date, respectiv a celui mai mic element component izolat al sumelor convenționale şi inscripțiilor). Algoritmi speciali au fost propuşi pentru eliminarea zgomotului (speckle) din imaginile radar SAR (Răducanu D.G.,1997).

Scheletizarea (subțierea prin erodare)

Orice obiect liniar sau contur al unui obiect areal are o anumită lățime, de regulă de câteva ori mai mare decât latura unui pixel. Ca atare, fiecărui detaliu liniar îi va corespunde o bandă de pixeli de valoare 1 (fig. 4.10) în geoimaginea digitală binară. Este necesară găsirea axei obiectului liniar, prin eliminarea tuturor pixelilor din afara acestei axe. Operațiunea se

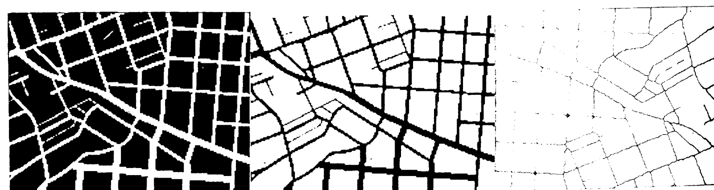


Fig. 4.10 Rezultatele geoimaginii binarizate şi scheletizate (subțiate)

numeşte scheletizare sau subțiere prin erodare. Este evidentă clar în hărțile digitale. Pentru lucrările practice executate s-au aplicat procedurile existente în sistemele de programe implementate în D.T.M. În figura 4.10 imaginea scheletizată este în dreapta. Pentru erodare s-a folosit algoritmul Pavlidis modificat (Pavlidis, 1980). Algoritmul Pavlidis erodează iterativ contururile detaliului liniar. Se consideră că pixelii unui detaliu liniar sunt interiori şi marginali.

Pixelii marginali formează muchii specifice. Algoritmul determină dacă pixelii marginali îndeplinesc anumite condiții pentru a fi înlăturați din date dacă nu sunt pe axa medie a obiectului. Aceste condiții sunt ca pixelii să nu aparțină decât unei muchii, să aibe un pixel vecin direct sau indirect, scara să fie un punct interior sau să aibe un pixel vecin direct pe contur şi vecinul său direct pe o muchie. Procesul de eliminare a pixelilor este iterativ şi în final pixeli rămaşi sunt pixeli scheletului - pe axele mediane ale obiectelor liniare. La vectorizare pot apare unele inadvertențe, ca deplasarea nodurilor la intersecții în care axele porțiunilor de obiect nu se suprapun etc.

Înregistrarea coordonatelor punctelor traseului liniar

Atât prin cazul geoimaginilor fotogrammetrice sau de teledetecție transformate (fig. 4.10), cât şi în cazul hărților digitale binare, capetele obiectelor liniare se regăsesc uşor. Prin căutare între cei 8 vecini ai pixelului curent, se găsesc succesiv ceilalți pixeli ai detaliului (fig. 4.11).

Coordonatele punctului de capăt se rețin şi se înregistrează obligatoriu. Pentru punctele succesive, care se află unul după altul la un interval de un pixel, se calculează coordonatele punctelor sau se rețin şi se înregistrează numai acelea care respectă condiția impusă inițial, ca punctul curent să fie la o distanță sub o toleranță dată față de predecesor (Nițu, C., Nițu, C.D. 1992a şi 1992b).

În toate cazurile, pe ecranul grafic este afişată geoimaginea şi pe măsură ce se face urmărirea semiautomată sau automată, apare şi ecoul grafic, respectiv desenarea cu altă culoare peste geoimaginea inițială, folosind ca date inițiale coordonatele rezultate din vectorizare.

4.4 Digitizarea modelelor fotogrammetrice

4.4.1 Exploatarea geoimaginilor fotogrammetrice la stereorestitutoarele analogice

Stereorestitutoarele analogice (Răducanu N., 1973 şi 1992; Zăvoianu, 1997; Turdeanu, 1997) suferă modernizări prin realizarea unor dispozitive suplimentare, cuplate, împreună cu aparatul, la un calculator electronic. De exemplu, stereorestitutorul STEREOMETROGRAF a fost cuplat cu un microcalculator şi cu masa de desen automat DZT. S-a proiectat şi interfața DIGITIZER-BOX, în colaborare cu IGFCOT, prin intermediul căreia aparatul a devenit un periferic specializat al calculatorului de tip PC.

Exploaterea fotogrammetrică este asistată de un software specializat, realizat conform cerințelor.

Operația care se realizează de către operator, ca şi la lucrul prin metoda clasică, sunt orientarea interioară a fotogrammelor şi parțial, orientarea relativă a fotogramelor. La orientarea relativă se folosesc şi elementele de orientare, care se calculează la prelucrarea datelor de aerotriangulație. După înregistrarea elementelor de orientare relativă, operatorul definitivează orientarea.

De aici încolo, programele asistă lucrul operatorului. Operațiunile principale executate sunt descrise în continuare.

Operatorul are deja înregistrate în memorie coordonatele în sistemul bazei de date pentru toate punctele de bază (geodezice, topografice, de reperaj, de aerotriangulație etc).

			1
		1	
0	0	1	
0	1	0	
0	0	0	

Fig. 4.11 Matricea 3*3 de căutare a pixelului vecin cu valoarea 1

A) Orientarea absolută. Programul indică operatorului să vizeze pe rând punctele cu coordonate cunoscute din stereomodel şi să introducă pentru fiecare codul numeric de identificare. Trebuie să se introducă cel puţin trei puncte cu toate cele trei coordonate cunoscute. Pe baza celor două seturi de coordonate ale cel puţin trei puncte se determină cei şapte parametri ai orientării absolute (Turdeanu, 1997). Cu parametrii determinaţi se calculează coordonatele în sistemul bazei de date şi se face şi aprecierea preciziei, respectiv se caculează eroarea medie pătratică a unităţii de pondere şi erorile în punctele de reper. Erorile obţinute în punctele de reper se compară cu o toleranţă dată, eliminându-se eventual punctul (punctele) pentru care erorile sunt mai mari decât toleranţa. Calculele se reiau după eliminarea punctului (punctelor), cu condiţia să existe cel puţin trei puncte rămase.

B) Digitizarea obiectelor modelului stereoscopic. Ca şi la exploatarea clasică, lucrul operatorului este acelaşi. În plus acesta introduce de la tastatură sau prin vizarea pictogramei dintr-un meniu codul de identificare al obiectului, codurile de identificare ale atributelor şi valorile atributelor. Sistemul asistă lucrul operatorului, conferindu-i de fiecare dată rezultatul efectuării operaţiunilor. Pe ecranul grafic apare rezultatul sub formă grafică (ecoul grafic). În cazul digitizării unor elemente noi sau modificate pentru actualizarea bazei de date a SIG creată anterior, pe ecran este afişată şi imaginea corespunzătoare bazei de date existente, cu simbolistica adecvată (Zăvoianu şi Niţu C.D., 1996; Niţu, C., Niţu C.D. 1997d). Programele suport de digitizare sunt dezvoltate pe mediul AUTOCAD. După validare, coordonatele, codurile şi atributele sunt scrise în baza de date a sistemului şi sunt convertite şi în formatele DXF şi ArcInfo pentru exploatarea la serverul SIG. De notat că stabilirea topologiei datelor se face la serverul receptor (inclusiv validarea pentru includerea în baza de date SIG.

C) Rezultate practice. Pentru testarea sistemului Stereometrograf-interfaţă-PC, a terminologiei propuse, a algoritmilor de calcul şi a programului propriu întocmit s-a ales un stereomodel format din fotogramele 2541 şi 2543, obţinute cu camera aerofotogrammetrică Wild RC-8, cu distanţa focală de 153,04 mm, formatul 23cm * 23cm, de la înălţimea de 2500 m. Datele iniţiale şi rezultatele intermediare şi finale sunt prezentate în anexa B(a).

Concluzii. Conform discordanţelor după calculul coordonatelor în punctele premarcate din poligon, dar care nu au fost folosite la orientarea absolută, erorile adevărate medii pentru cele 16 puncte sunt pentru cele trei coordonate 0,18 m, 0,10 m şi 0,43 m, iar erorile medii pătratice sunt 0,73 m, 0,59 m şi 0,52 m. Eroarea medie pătratică a poziţiei planimetrice este 0,92 m. Se observă că de această dată valorile medii ale discordanţelor sunt mici, dar variaţiie sunt mari. Valorile obţinute duc la concluzia că sistemul realizat poate fi folosit pentru lucrări de producţie, mai ales pentru actualizarea prin metode fotogrammetrice a bazelor de date ale SIG. Nu facem referiri aici la posibilităţile de actualizare a hărţilor în funcţie de precizia şi rapiditatea culegerii datelor. Coordonatele finale ale punctelor de exploatare au fost exportate unui alt sistem, cu programe de interpolare. Prin interpolarea prin metoda celor mai mici pătrate s-au obţinut reprezentările grafice ale curbelor de nivel cu echidistanţa normală de 5 m. Au fost determinate iniţial punctele unei grile, după care s-a făcut interpolarea curbelor de nivel. Corecţiile mult mai mari decât la restituţia analitică se explică atât prin precizia mai mare a stereocomparatoarelor decât cea a stereorestitutoarelor, pe de o parte, precum şi datorită necorectării coordonatelor pentru influenţa curburii Pământului, refracţiei atmosferice, deformării inegale a suporturilor fotogramelor pe cele două axe etc.

4.4.2 Exploatarea geoimaginilor fotogrammetrice şi de teledetecţie la aparatele fotogrammetrice analitice

Colectivul de cercetare şi autorul au cercetat restituţia analitică cu datele obţinute la aparatele de tipul monocomparatoarelor şi stereocomparatoarelor, conectate cu calculatoare electronice de tip PC.

Software-ul folosit pentru culegerea datelor este interactiv şi asigură şi validarea, apreciind în mod deosebit precizia datelor. Cercetările întreprinse au continuat eforturile depuse pentru întocmirea proiectului de diplomă la finalizarea cursurilor universitare.

Date iniţiale şi obţinerea lor. Pentru exploatarea analitică a fotogramelor datele iniţiale folosite sunt:

-datele măsurate la stecometru, coordonate şi paralaxe, precum şi numerele de identificare ale punctelor măsurate, pentru indicii de referinţă, punctele de orientare relativă (minimum 6 pe o stereogramă), punctele de orientare absolută (minimum 3 pentru un stereomodel) şi pentru punctele de exploatare (în număr nelimitat);

-numerele şi coordonatele punctelor de reper, în sistemul de referinţă (sistemul bazei de date cartografice), necesare orientării absolute, (numărul de puncte depinde de faptul dacă exploatarea analitică se realizează în acelaşi timp cu aerotriangulaţia sau ulterior realizării acesteia) şi codul orientării reciproce a axelor sistemelor de coordonate;

-codul camerei fotogrammetrice cu care s-au obţinut aerofotogramele, înălţimea de zbor, toleranţele coordonatelor fotogrammetrice şi ale coordonatelor în sistemul geodezic de referinţă.

Coordonatele măsurate au fost obţinute atât de către operatori cu experienţă, cât şi de către operatori începători.

Algoritmii de calcul. Procedurile programului întocmit în FORTRAN şi testat pe platforme de tip PC şi SGL conţin algoritmi ce se referă la:

-*orientarea interioară* analitică a fiecărei fotograme a stereogramei, prin determinarea coordonatelor în sistemul fiecărei fotograme, inclusiv cu corectarea deformării suportului, cu folosirea transformării afine şi a transformării Helmert, la alegere;

-*determinarea corecţiilor* de distorsie a obiectivului, curbură a Pământului şi refracţie atmosferică;

-*orientarea relativă* în serie a fotogramelor cu determinarea iterativă a elementelor de orientare şi determinarea coordonatelor punctelor stereomodelului (tripletului);

-*orientarea absolută* a stereomodelului prin determinarea iterativă a parametrilor de orientare (compensarea orientării absolute) şi determinarea coordonatelor teren ale punctelor obiectelor geografice.

Verificările transformărilor şi eliminarea punctelor ale căror coordonate s-au măsurat greşit, se face în toate etapele prelucrării astfel:

-la determinarea coordonatelor în sistemul fiecărei fotograme, de două ori succesiv:

- prin calcularea distanţelor din coordonatele teoretice ale indicilor şi respectiv, din coordonatele măsurate, determinarea unui coeficient mediu de scară, transformarea distanţelor cu coeficientul de scară mediu şi eliminarea indicelui pentru care diferenţa de distanţă e mai mare decât toleranţa;
- prin compararea corecţiilor coordonatelor după transformare

(Vx şi Vy) cu toleranţa indicată;
-după orientarea relativă, prin compararea corecţiei paralaxei transversale după compensare cu toleranţa stabilită;

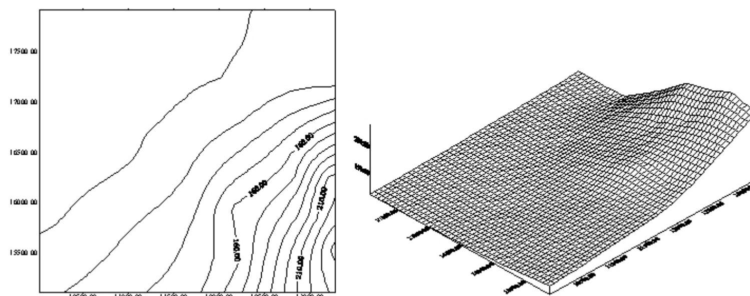


Fig. 4.12 Reprezentarea reliefului din zona de studiu

-la orientarea absolută, tot de două ori:

- prin compararea distanţelor;
- prin compararea corecţiilor (Vx, Vy şi Vz) cu toleranţa dată.

Toleranţele s-au indicat şi aprioric, dar s-au calculat şi în timpul prelucrării, în funcţie de eroarea medie pătratică a unităţii de pondere.

Aprecierea preciziei. Aprecierea preciziei s-a făcut prin calcularea de fiecare dată a erorii medii pătratice a unităţii de pondere a corecţiilor mărimilor (determinate). Pentru o evaluare corectă a măsurătorilor, a algoritmilor de calcul, terminologiei de măsurare şi a diferitelor cazuri de dispunere a punctelor cu coordonate, atât date, cât şi măsurate sau determinate, s-a calculat şi matricea inversă, respectiv s-au folosit fotogramele din poligonul fotogrammetric naţional, preluate cu camera RC-8 (codul 14 în program) cu distanţa focală de 114,07 cm, de la înălţimea de 2300 m. Formatul fotogramelor este 18 cm * 18 cm. Indicii sunt dispuşi în colţuri. Au fost realizate şi reprezentări grafice cu indicatorii de precizie amintiţi. Punctele stereomodelului se află într-o zonă deluroasă cu reprezentarea reliefului prin curbe de nivel şi în perspectivă, arătate în fig. 4.12 Reprezentarea s-a făcut cu programele proprii, după determinarea punctelor de exploatare.

D. Rezultatele experimentărilor. În anexa B sunt trecute toate datele iniţiale, datele intermediare şi datele finale pentru un triplet (două stereomodele). Datele sunt măsurate la stereometru. S-au folosit 14 puncte de reper. Stereomodelul 2613/2614 conţine coordonatele şi paralaxele măsurate ale celor patru indici de referinţă şi ale celor 22 de puncte, iar stereomodelul 2614/2615 conţine, pe lângă coordonatele celor patru indici, coordonatele şi paralaxele măsurate pentru încă 30 de puncte. La ambele stereomodele nu s-a eliminat nici un punct la orientarea interioară şi la orientarea relativă. S-au eliminat, în schimb două puncte la legarea celor două modele (la formarea tripletului). La determinarea parametrilor orientării absolute s-au folosit 13 puncte, constatându-se că unul din punctele cu coordonate în sistemul bazei de date a fost eliminat deja la formarea tripletului.

Din analiza rezultatelor intermediare şi finale rezultă:

-numărul punctelor de reper (punctelor de bază cu coordonate în sistemul bazei de date) este supraabundent;

-la transformarea coordonatelor şi paralaxelor măsurate din sistemul aparatului în coordonate în sistemul fiecărei fotograme s-a utilizat transformarea Helmert.

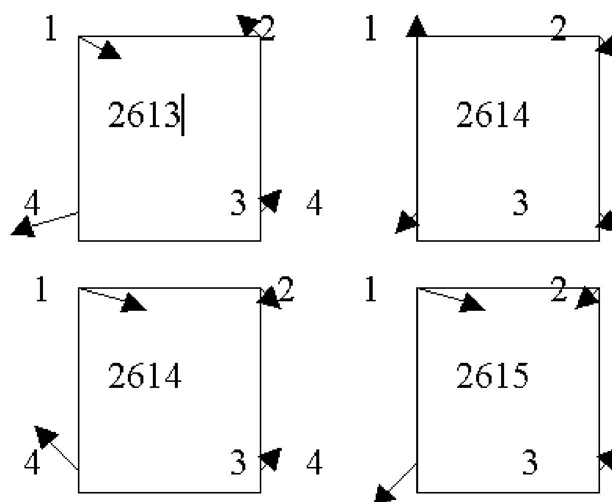


Fig. 4.13 Reprezentarea corecțiilor coordonatelor indicilor de referință

Din analiza coeficienților de deformare a suporturilor negativelor (film pe poliester) rezultă că toți coeficienții sunt subunitari, deci a avut loc o dilatare a suportului, sensibil egală pe ambele direcții – longitudinală şi transversală. În figura 4.13 sunt reprezentate grafic corecțiile în indicii de referință.

Din analiza distribuției acestora, se poate trage concluzia că este posibil ca acestea să mai conțină părți sistematice. O eventuală corectare a coordonatelor indicilor de referință şi a tuturor punctelor din cuprinsul fotogramelor cu o metodă proprie va înbunătăți radical rezultatele. La orientarea relativă, pentru ambele stereomodele numărul de puncte a fost supraabundent, respectiv 21 de grade de libertate în primul stereomodel şi 29 în cel de al doilea.

Eroarea medie pătratică a unității de pondere (e.m.p.u.p) a fost de 0,006 mm în ambele cazuri, valoarea maximă a paralaxei fiind de 2-2,3 ori mai mare decât e.m.p.u.p.

La formarea tripletului, numărul punctelor comune a fost din nou supraabundent, fiind eliminate două puncte, respectiv 299 şi 187, având discordanțele mai mari decât toleranța, care în acest caz a fost considerată de $\sqrt{3}$ ori mai mare decât discordanța maximă a paralaxei transversale (respectiv 0,0263), datorită trecerii de la coordonate plane la coordonate 3D.

În figura 4.14 sunt reprezentate grafic corecțiile plane *V*x şi *V*y obținute după calculul parametrilor orientării absolute. În orientările relativă şi absolută nu s-au trecut elementele matricei de rotație, ci numai elementele care servesc la calcularea acesteia (în cazul nostru valorile parametrilor A, B şi C).

La orientarea absolută s-au folosit 13 puncte de bază, obținându-se gradul de libertate *n-k* = 32. Bineînțeles că e.m.p.u.p. este de 0,378 m, fiind de 21 de ori mai mare decât e.m.p.u.p la formarea tripletului, coeficient ce reprezintă chiar valoarea coeficientului de scară *RK*. Corecțiile *V*x şi *V*y sunt normale. Pentru cote, corecția maximă este –0,91 m în punctul 188, punct pentru care s-au obținut şi discordanțele maxime, atât la orientarea relativă cât şi la formarea tripletului. Deja în testările ulterioare acest punct nu a mai fost luat în considerație.

Pentru discordanțele *V*x, *V*y şi *V*z, separat, s-au făcut şi reprezentările diagramelor corecțiilor, care dau o bună înțelegere a modului de deformare a stereomodelelor (tripletului). Pentru toate corecțiile, cele trei suprafețe *V*x, *V*y şi *V*z au o structură asemănătoare, ceea ce duce la concluzia că s-ar putea ca valorile coordonatelor determinate topografic să fie incorecte în acea zonă sau să se fi comis erori la înțeparea punctelor, respectiv a cunoaşterii bornelor premarcate. Este înțeleasă analiza discordanțelor în punctele de reper eliminate la

formarea tripletului, respectiv 209, pentru care s-au obținut erorile reale ε_x = -0,239 m; ε_y = 0,542m; ε_z = -1,266m; ε_p = 0,58m; ε_s = 1,301 m, unde ε_p este eroarea plană de poziție, iar ε_s este eroarea spațială de poziție (3D). Se observă clar că a fost greşită măsurarea paralaxei longitudinale, cea care influențează determinarea cotei.

Întrucât acoperirea fotogramelor este totuşi prea mare (84 %), se poate descoperii uşor care este cauza multor valori mari ale discordanțelor între cote.

Rezultatele restituției analitice sunt superioare celor ale restituției analogico-analitice. Este necesară recalibrarea camerelor existente în cazul utilizării lor în lucrările de producție sau de cercetare.

Se remarcă totuşi o aceeaşi zonă a poligonului, cu forma suprafețelor erorilor aproximativ identică pentru zboruri diferite, ceea ce duce la concluzia reverificării determinării în teren a punctelor materializate. Refacerea poligonului geodezic național şi a părții sale pentru calibrări fotogrammetrice se impune cu prisosință.

4.4.3 Prelucrarea imaginilor digitale

4.4.3.1 Probleme şi soluții privind recunoaşterea formelor în fotogrammetrie

Procedura de recunoaştere a formelor folosind ca primitive contururile este de o mare importanță în fotointerpretarea modelului stereofotogrammetric. Procedura a fost dezvoltată pentru lucrul cu imagini la scară mare, unde apar foarte clar contururile obiectelor. Pentru aplicarea metodei sunt necesare trei premize: imaginile folosite să fie multispectrale sau color; imaginile să permită operația de grupare geometrică; să poată fi recunoscute atât formele liniare, cât şi cele areale.

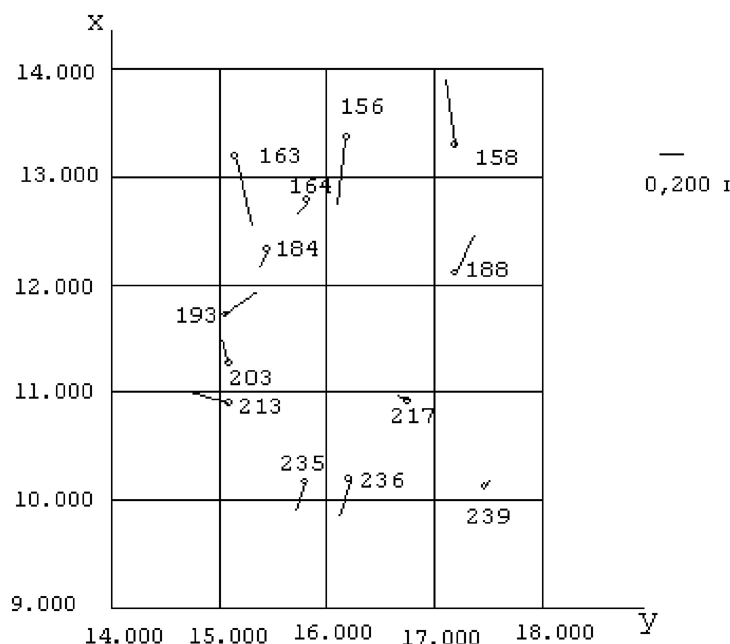


Fig. 4.14 Corecţiile plane în punctele de bază după orientarea absolută

Folosind această procedură automată de recunoaştere se poate obține o precizie de 1-2 pixeli. Sunt făcute recomandări pentru utilizarea procedurii la extragerea automată a detaliilor pentru baza de date a unui SIG.

4.4.3.1.1 Introducere

Metodele curente de orientare a imaginilor pot fi clasificate după tipul de primitive ce pot fi utilizate pentru orientare. Strategia de clasificare duce la două metode la identificarea bazate pe zone (areale) sau pe detalii liniare. Recunoaşterea formelor care se bazează pe zone foloseşte ca primitive treptele de gri, iar cea bazată pe detalii foloseşte liniile şi punctele cu aspect particular (de exemplu colţurile clădirilor şi intersecţiile străzilor). Diferiţi autori (Baltsavias, 1991; Doorn et al, 1990) arată avantajele şi dezavantajele recunoaşterii bazate pe forme areale şi liniare. Datorită dificultăţilor reale în dezvoltarea algoritmilor de recunoaştere stereoscopică bazaţi pe corelaţia nivelelor de gri şi pe lucrările extensive şi promiţătoare din domeniul vizualizării asistate de calculator bazată pe recunoaşterea detaliilor (obiectelor), fotogrammetriştii şi-au mutat atenţia de la recunoaşterea zonelor la recunoaşterea bazată pe obiecte (detalii).

4.4.3.1.2 Motive pentru alegerea recunoaşterii bazată pe forme

De mai mulţi ani, problema recunoaşterii imaginii digitale a fost rezolvată în fotogrammetrie prin luarea în consideraţie a atomului informaţional, deci a pixelului şi a pixelilor vecini ca primitivă, această procedură fiind cunosctă ca *recunoaşterea bazată pe zone*. Această abordare corespunde unor cazuri particulare şi dă bune rezultate pentru terenuri relativ plane, imagini fără discontinuităţi şi cu o textură corespunzătoare. Se poate găsi o altă metodă, care, în loc să lucreze cu grupuri abstracte de pixeli vecini, lucrează cu nivele informaţionale mai concrete, respectiv cu linii şi cu forme cu contururi închise. Respectiv, metoda de *recunoaştere bazată pe detalii*, care prezintă un potenţial mai ridicat de automatizare, rezolvând unele probleme particulare.

După cum s-a menţionat anterior, prelucrarea bazată pe areale sau zone dă rezultate pentru fotograme la scări mici, unde umbrele reliefului nu au influenţă mare. Totuşi, trebuie să existe o textură corespunzătoare pentru a evita identificarea mai multor puncte corelate pentru un punct din imaginea de referinţă. Pentru imagini la scări mari, obţinute mai ales în zone urbane, este preferată metoda bazată pe detalii, datorită unor discontinuităţi create de structurile artificiale, umbrele şi părţile acoperite ale unor detalii.

Tehnicile de corelare bazate pe detalii localizează (identifică) perechi de segmente corespondente prin compararea reprezentărilor extrase din cele două imagini care trebuie orientate. Aceste detalii nu sunt limitate doar la nivelele de gri din imagine, ci pot fi puncte, linii sau forme areale. Operaţiunile de bază dezvoltate pentru puncte sunt cunoscute sub denumirea de operatori de control. Alţi operatori folosiţi sunt detectoarele de limită pentru detectarea contururilor (vezi 3.4), urmate de procedureile pentru urmărirea liniilor şi de cele de vectorizare.

4.4.3.1.3 Descrierea procedurii de recunoaştere bazată pe detalii

Este utilizată procedura de recunoaştere care foloseşte ca primitive laturile marginale ale detaliilor. Se folosesc tehnicile de detectare a muchiilor sau laturilor marginale. Procedura constă din câteva operaţiuni bazate pe paşii următori: detectarea limitelor; segmentarea liniilor; recunoaşterea formelor. Prima etapă constă în pregătirea datelor iniţiale. Datele digitale imagine se obţin fie direct de la o cameră digitală aeropurtată, fie prin scanarea fotogramelor (negative sau diapozitive) obţinute do o cameră fotoaeriană clasică. În ambele cazuri dispozitivele de digitizare trebuie calibrate pentru a asigura o precizie corespunzătoare. În literatura de specialitate sunt cunoscute metode de calibrare a camerelor digitale (Chen şi Schenk, 1992) şi a s*canerelor* (Sarjakoski, 1992). Prin calibrare sunt înlăturate erorile sistematice. Pentru testarea diferiţilor paşi ai procedurii, a fost folosită o pereche de fotograme

(cadre de imagini). Într-o primă etapă sunt detectate, cu metodele descrise anterior, apoi în cea de-a doua etapă, sunt reuniți şi conectați pixelii muchiilor care au aceeaşi orientare şi aceeaşi valoare de gri. Aceste prime două etape sunt realizate pentru fiecare imagine în parte. Baza de date se micşorează ca volum, păstrând doar punctele critice care formează vârfurile poligoanelor (formelor). În cea de-a treia etapă, formele extrase din cele două imagini conjugate sunt prelucrate împreună, folosind proprietățile geometriei invariante, de exemplu, în anumite condiții, unghiurile din vârfuri. În această ultimă etapă este creată o listă a formelor candidate la recunoaştere şi este făcută o filtrare, reținând numai figurile corespondente complete (de reținut că în a treia etapă se lucrează numai cu stereograma). Secvența de operațiuni de mai sus permite determinarea parametrilor de transformare între două forme similare şi în consecință paralaxa, fără ajutorul altor constrângeri epipolare sau a altor constrângeri geometrice. Fiecare pereche de forme recunoscute care sunt reținute după procesul de filtrare de mai sus are proprii săi parametri de transformare. În funcție de transformarea executată (rototranslație, afină sau proiectivă), procedura va fi mai mult sau mai puțin restrictivă. De notat că pentru rototranslație, chiar dacă sunt necesare mai puține vârfuri ale poligonului (liniei poligonale), decât la celelalte două transformări, rezolvarea este mai restrictivă. Recunoaşterea propusă aici lucrează cu unghiurile din vârfuri. Ca atare, pentru multe perechi de forme poate fi folosită rototranslația, cu 4 parametri de determinat, datorită numărului limitat de vârfuri din aceste forme. Detalii mai multe despre transformare sunt date de Larouche (1995). Figura 4.17 arată rezultatele obținute prin rototranslație unde au fost recunoscute şi folosite 2 forme.

Aceasta demonstrează că algoritmul lucrează corect pentru imagini reale complicate, necesitând unele îmbunătățiri pentru a găsi mai multe perechi de forme. La aplicarea procedurii apar adesea unele probleme.

4.4.3.1.4 Câteva probleme identificate la realizarea procedurii

Prima problemă care apare este aceea că după filtrare rămân puține perechi de forme. Numărul mic de perechi este cauzat de natura restrictivă a procedurii. Datorită necesității de a prelucra forme cu un număr mic de puncte (vârfuri), algoritmul lucrează mai bine cu forme complicate. Rototranslația are şanse mai bune de a creşte numărul de forme recunoscute, deoarece necesită un număr mai mic de puncte pentru rezolvare.

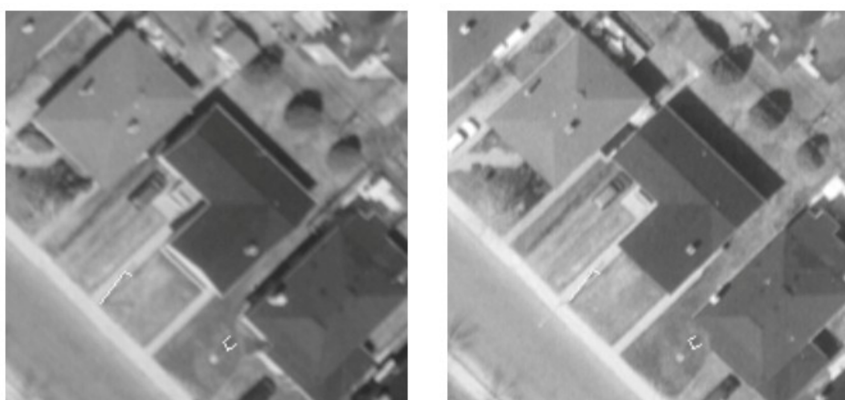


Fig. 4.16. Descrierea procedurii de recunoaştere a formelor bazată pe detalii

De asemenea, pentru acest tip de imagini la scară mare cu multe detalii artificiale, multe linii drepte formate doar din două vârfuri (ne ferim să spunem doar segmente) nu pot fi tratate de către algoritm. Liniile drepte reprezintă adesea muchii ale detaliilor foarte importante. O altă problemă majoră este aceea că unele linii sunt întrerupte sau dublate, datorită prezenței zgomotului în imagini.. Nici un operator detector de muchii nu extrage

perfect detaliile comune celor două imagini datorită diferențelor geometrice sau de alt tip dintre cele două imagini. Pentru îmbunătățirea rezolvării sunt date în continuare câteva soluții.

Datorită complexității imaginii şi naturii restrictive a procedurii, doar puține perechi de forme din stereograma la scară mare pot fi recunoscute din numărul mare de perechi de detalii existente pe stereograma complexă la scară mare. Se propun câteva strategii pentru creşterea numărului de perechi de detalii şi pentru a se face recunoaşterea mai simplă prin considerarea unor detalii speciale ca drumuri şi clădiri.

Prima considerație studiază efectul tehnicii de recunoaştere aplicată datelor imaginilor multispectrale şi color. Cea de a doua constă în curățirea şi rearanjarea fişierelor cu date vectoriale create după aproximarea liniilor, prin folosirea algoritmilor de grupare geometrică. În final, a treia soluție (etapă) foloseşte formele găsite inițial drept constrângeri pentru extinderea recunoaşterii la noi forme şi calculul nepotrivirii detaliilor recunoscute.

4.4.3.1.5 Soluții de îmbunătățire propuse

Prima extindere este de a aplica procedura la date multispectrale şi color (când există). Pentru aplicații precum extragerea detaliilor, este normal ca mai întâi să se combine mai multe canale pentru a rezulta o singură imagine (înaintea aplicării procedurii).



Fig. 4.17. Rezultatul recunoaşterii formelor

Totuşi operațiunile de extragere a detaliilor, care includ detectarea limitelor, formarea liniei şi a detaliului sunt considerate în practica uzuală ca fiind neliniare. Din acest motiv, combinarea datelor înaintea procesării este inferioară procesării canalelor individuale. Strategia propusă de detectare a limitelor în imaginea multispectrală presupune determinarea limitelor pentru fiecare canal (bandă spectrală) în parte, analiza rezultatelor din fiecare bandă prin transformarea limitelor în segmente de dreaptă şi figuri (forme) şi apoi formarea şi recunoaşterea detaliilor.

Figura 4.18 arată imaginea din dreapta a unei stereograme color (reprezentată totuşi în alb-negru), cu pozițiile diferitelor forme ce au fost recunoscute.

Au fost găsite 13 perechi de forme, de regulă segmente de dreaptă. Trei forme au fost identificate pe banda (canalul) albastru, una pe roşu, dar nici una pe verde. Celelalte au fost găsite prin corelarea imaginilor benzilor, ca de exemplu banda pentru roşu a fotogramei din stânga cu banda în albastru a fotogramei din dreapta. Aspectul cel mai surprinzător este că nu au fost recunoscute forme pe stereoimaginile limitelor formate de imaginile combinate ale benzilor (canalelor).

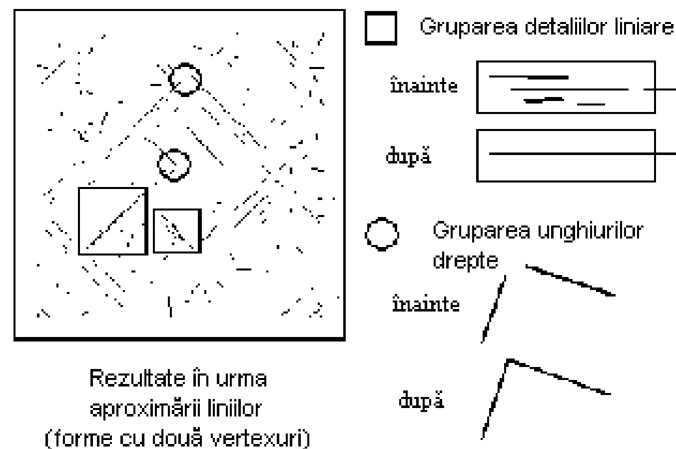


Fig. 4.18 Forme recunoscute din diferite combinații ale canalelor

A doua extindere constă în adăugarea la procedură a operațiunii de grupare geometrică. Aceasta permite conectarea segmentelor scurte, întrerupte pe timpul procesului de detectare a limitelor şi de segmentare a liniilor pentru a forma linii mai lungi care reprezintă mai bine contururile detaliilor. Figura 4.19 arată două exemple de aplicare a grupării, unul pentru gruparea liniilor paralele şi celălalt pentru gruparea liniilor perpendiculare. Sunt posibile diferite combinări ale liniilor, astfel încât algoritmul poate deveni complex chiar şi când sunt necesare calcule simple de geometrie analitică. Prin conectare geometrică, sunt realizate detalii importante pentru continuarea aplicării procedurii de recunoaştere a detaliilor (formelor). În literatura de specialitate sunt descrişi câțiva algoritmi care permit gruparea segmentelor liniare paralele sau perpendiculare pentru a reprezenta mai bine obiectele şi a furnizeze detalii corespunzătoare pentru orientare (Larouche, 1995).

A treia extensie este cea de a realiza un algoritm care să orienteze reciproc liniile drepte şi alte forme ce nu pot fi orientate reciproc prin procedura descrisă, deoarece nu pot furniza destule caracteristici geometrice. Prin folosirea cel puțin a unei perechi de forme deja găsită de procedura descrisă, este uşor apoi să se mărească numărul de detalii cu imagini corespondente. Segmentele de dreaptă sunt folosite ca primitive, direcțiile şi lungimile acestora, coordonatele punctelor de capăt sau punctului mijlociu sunt atribute, iar coeficienții de transformare determinați pentru formele (detaliile) deja recunoscute se consideră constrângeri. Metoda dezvoltată s-a dovedit a fi rapidă şi sigură (robustă), permițând determinarea unui număr mai mare de detalii, cu un procentaj corespunzător de siguranță. Figura 4.20 arată că se obțin mai multe detalii recunoscute folosind ca primitive segmente de dreaptă, decât dacă s-ar folosi forme complexe.

4.4.3.1.6 Unele rezultate

A fost dezvoltată şi o metodă pentru determinaarea discordanțelor între detaliile recunoscute şi a preciziei lor pentru analiza rezultatelor aplicării metodei. Discordanțele sunt reprezentate de vectori 2D, cu componentele calculate ca diferențe între coordonatelor vârfurilor conjugate ale detaliilor liniare.

Pentru linii drepte, în vederea localizării liniei, trebuie ales un punct undeva pe fiecare segment. În cele mai multe cazuri, alegerea punctului mijlociu dă rezultate bune, mai ales când segmentele au lungimi aproximativ egale. Totuşi dacă una sau ambele linii ale perechii sunt parțial ascunse, în locul punctului mijlociu se poate alege unul din punctele de capăt. În figura 4.21 se arată discordanțele sub formă de vectori în toate vârfurile detaliilor liniare recunoscute. Se poate vedea că discordanțele plane (vectorii) au cam aceeaşi formă (ca intensitate sau ca orientare). Aceste perechi de detalii recunoscute pot avea discordanțe uşor diferite ca orientare şi intensitate pentru diferite planuri de înălțime (cotă).

După cum se vede în figura 4.21, puține segmente recunoscute de pe acoperişurile clădirilor au discordanțe mai mari ca lungime decât unele de pe sol din jurul aceloraşi clădiri. Totuşi discordanțele au orientări puțin diferite, cu toate că ne-am fi aşteptat la orientări similare (de-a lungul liniilor epipolare). Aceste mici diferențe apar probabil datorită preciziei mai slabe obținută când sunt folosite punctele mijlocii ale segmentelor pentru calculul discordanțelor.

Precizia aşteptată a discordanțelor în vârfurile liniilor poligonale ale contururilor este mai bună în general decât precizia obținută pentru segmente în întregime, deoarece un vârf reprezintă intersecția a două linii, ceea ce reprezintă o problemă geometrică mai consistentă. Pentru un segment mai lung, precizia în punctul mijlociu este mai bună decât precizia într-un punct de capăt. Folosind procedura automată descrisă mai sus s-a obținut o îmbunătățire cu 1-2 pixeli a preciziei, în comparație cu procedura manuală. Unele puncte corespondente recunoscute automat (de exemplu în vârfurile liniilor poligonale) sunt probabil mai precise decât unele obținute manual, deoarece acestea reprezintă întregul detaliu în locul unui singur punct sau a două puncte



Fig. 4.19 Gruparea detaliilor liniare şi a unghiurilor drepte



Fig. 4.20 Rezultatul recunoaşterii liniilor (segmentelor de dreaptă)

4.4.3.1.7 Concluzii

Procedura de recunoaştere automată a detaliilor liniare ce foloseşte formele ca primitive conţine un şir de operaţiuni precum: detectarea muchiilor (limitelor), segmentarea liniei şi recunoaşterea formei. Datorită naturii restrictive a procedurii bazate pe forme, pot fi recunoscute puţine perechi de linii din numărul total existent în aerofotogramele complexe folosite, acestea fiind la scară mare. S-a demonstrat experimental că pot fi recunoscute mai multe perechi de detalii (liniare) atunci când se aplică procedura independent pentru fiecare canal sau bandă spectrală şi se combină în final rezultatele. De asemenea, se obţin mai multe detalii recunoscute atunci când se grupează geometric mai multe segmente mici paralele sau perpendiculare. În final, utilizând segmentele mai lungi rezultate, ce reprezintă o extensie a procedurii de recunoaştere, s-au obţinut rezultate încurajatoare pentru imaginile la scări mari. Folosind procedura automată descrisă mai sus s-a obţinut o îmbunătăţire cu 1-2 pixeli a



Fig. 4.21 Vectorii discordanţe în vârfurile liniilor poligonale ale detaliilor

preciziei, în comparaţie cu procedura manuală. Pentru posibile îmbunătăţiri, procedura trebuie testată pe mai multe imagini de tipuri diferite. De asemenea fazele multiple ale procedurii, testate separat, trebuie întrunite, într-un sistem performant complet. Procedura analizată aici poate fi extinsă prin adăugarea unor instrucţiuni pentru recunoaşterea formelor areale (delimitate de curbe închise). S-ar reduce mult lucrul efectiv pentru aceste ultime tipuri de detalii, pentru că se iau în consideraţie detaliile segmente determinate deja (parametrii fiind consideraţi constrângeri).

Vor fi reduse şi problemele cauzate de discontinuităţi, dacă nu complet eliminate, deoarece detaliile de acest tip reprezintă uneori chiar discontinuităţi în imagini. Metodele de corelare bazate pe obiecte areale pot fi folositoare pentru îmbunătăţirea preciziei recunoaşterii obiectelor liniare pentru a găsi perechi de puncte pe liniile (obiectele liniare) recunoscute, care dau valorile optime de corelaţie. Aceste perechi de puncte recunoscute vor reprezenta întregul detaliu cu o precizie mai bună.

Procedura poate fi astfel modificată, încât să se extragă întregul detaliu (obiectul) pentru a fi introdus în bazele de date SIG. Diferite module ale procedurii, ca de exemplu detectarea muchiilor (limitelor), formarea unui detaliu liniar din segmente, gruparea geometrică şi recunoaşterea formelor pot fi adaptate pentru extragerea detaliilor. Culegerea datelor SIG prin exploatarea aerofotogramelor şi a imaginilor satelitare este o sarcină importantă pentru multe aplicaţii cu date spaţiale. Necesitatea actualizării datelor topografice ale SIG necesită dezvoltarea procedurilor de interpretare automată şi de extragere a detaliilor. Importanţa folosirii cunoştinţelor referitoare la terenul reprezentat în imagine şi o participare minimă interactivă a operatorului pot ajuta în rezolvarea acestor probleme dificile.

4.4.3.2 Analiza multirezoluție în SIG

Datele imagine (teserale sau raster) utilizate în SIG au uneori caracteristica de multirezoluție, fiind obținute cu sisteme de teledetecție multispectrală, inclusiv cu camerele aerofotogrammetrice. Aceste date trebuie integrate cu cele din alte surse în bazele de date ale SIG, în forma originală sau după o prelucrare stabilită. Imaginile digitale monocrome, color sau multispectrale pot fi folosite pentru formarea modelului stereoscopic prin calcul, pentru determinarea coordonatelor punctelor conjugate. Se poate face separarea unor obiecte imagine şi interpretarea acestora, respectiv recunoaşterea formei pe baza umbrei şi texturii. În acest subcapitol se prezintă metodologia formării stereomodelului folosind imagini color la scări diferite. Pe baza rezultatelor obținute se face o analiză a preciziei şi se fac extrapolări asupra folosirii acestor tipuri de date în SIG.

4.4.3.2.1 Introducere

SIG are nevoie de date raster la mai multe scări, de mai multe rezoluții şi la mai multe momente de timp. Imaginile color conțin mai multe informații decât imaginile alb-negru, existând un interes deosebit pentru imaginile multi şi hiperspectrale, acoperirea multiplă fiind cerută de multitudinea utilizării SIG. Exploatarea datelor multispectrale este încă obiectul de studiu al multor specialişti. Hărțile topografice de până acum s-au făcut cu fotograme alb-negru şi mai puțin cu imagini de teledetecție. În cazul realizării SIG situația e cu totul alta.

Ca şi în aplicațiile de teledetecție, în SIG se recomandă combinarea diferitelor benzi spectrale şi apoi prelucrarea imaginilor pentru extragerea detaliilor. În practică, extragerea detaliilor este o problemă neliniară, această neliniaritate implicând faptul că această combinare dinaintea prelucrării nu pune probleme deosebite, fiind mai simplă în comparație cu prelucrarea fiecărei benzi în parte urmată de o asamblare a rezultatelor. Se pune accentul aici pe o altă metodă de recunoaştere a formelor, bazată pe forma dată de umbre (mai ales de limitele zonei umbrite).

4.4.3.2.2 Generalități privind analiza rezoluției multiple

Imaginea de teledetecție se caracterizează prin rezoluții multiple – spațială, spectrală, radiometrică şi temporală. Straturile de date sunt organizate piramidal în bazele de date SIG, înălțimea stratului în piramida imaginară crescând cu scăderea rezoluției, iar cantitatea datelor fiind proporțională cu suprafața secțiunii orizontale a piramidei la înălțimea dată. În procesarea semnalelor, pe de altă parte, codificarea subbandă folosind filtre oglindă patratice, dă o reprezentare matricială a descompunerii ortogonale pentru diferite rezoluții, într-o succesiune de scări.

Analiza multirezoluție este o mulțime (un corp) V_i, $i \in Z$, a subspațiilor închise din $L^2(\boldsymbol{R})$, spațiul liniar al funcțiilor pătratice integrabile peste $\boldsymbol{R}$, cu următoarele proprietăți:

(a) intersecția tuturor V_i este $\{\varnothing\}$;

(b) reuniunea tuturor V_i este densă în $L^2(\boldsymbol{R})$;

(c) $f(x) \in V_i$ dacă şi numai dacă $f(2x) \in V_{i+1}$;

(d) ar trebui să existe o funcție de netezire $g(x)$, astfel încât mulțimea $g(x-k)$, $k \in Z$, să fie o bază ortonormală pentru V_0.

Analiza multirezoluție este dependentă de analiza spectrală (Meyer, 1993). Aplicațiile descriptive folosesc teoria analizei spectrale pentru a filtra unele date culese, precum metoda Haar, care corespunde laplacianului gausian pentru detectarea limitelor zonelor izodense în

procesarea imaginilor digitale. Aplicațiile analitice din analiza spectrală implică o transformare pentru o fereastră spectrală din domeniul spectral al şirului de date.

Pentru a ilustra considerația de multirezoluție în spațiul monodimensional, fie şirul *x(n), n* = 1, 2, 3, .., care să se descompună într-o structură piramidală de subşiruri, cu informația subbandă corespunzătoare. Corespunzător diferitelor spații, sunt generate mai multe niveluri de descompunere:

Nivelul 0: { x(1), x(2), x(3), x(4), x(5), x(6), ... }
Nivelul 1: { x(1), x(3), x(5), x(7), x(9), x(11), ... }
{ x(2), x(4), x(6), x(8), x(10), x(12), ... }
Nivelul 2: { x(1), x(5), x(9), x(13), x(17), x(21), ... }
{ x(2), x(6), x(10), x(14), x(18), x(22), ... }
{ x(3), x(7), x(11), x(15), x(19), x(23), ... }
{ x(4), x(8), x(12), x(16), x(20), x(24), ... }

şi aşa mai departe, pentru alte niveluri. O astfel de descompunere poate fi generalizată uşor la subşiruri bidimensionale cu generarea de subşiruri cuadruple în fiecare pas. Practic, aceste descompuneri sunt făcute în domeniul spectral, pentru o eficiență computațională mare.

4.4.3.2.3 Descompuneri de filtrare prin multirezoluție

Proiectarea filtrelor de realizare a descompunerii multirezoluție este o problemă simplă în termenii generali ai proiectării convenționale a filtrelor. Ar trebui să existe două filtre complementare *L* şi *H* pentru tendință şi abateri (fluctuații) într-o succesiune ce corespunde componentelor mici (Low) şi respectiv înalte (High) ale frecvenței:

$$L\, S_k = S_{k+1} \text{ şi } \quad H\, S_k = R_{k+1} \tag{4.35}$$

pentru un şir S_k dat la nivelul *k* şi şirurile complementare S_{k+1} şi R_{k+1} la nivelul superior *k*+1. Cu filtrele ce respectă relația $L^*L + H^*H = I$, se obține o schemă de reconstrucție de tipul

$$S_k = L^* S_{k+1} + H^* R_{k+1} \tag{4.36}$$

care corespunde mai mult operațiunilor de codificare. Aceste filtre se numesc Filtre Oglindă Cuadrice sau QMF (Nie, 1994).

Fie următorul exemplu:

$$\{x(1), x(2), x(3), x(4), ...\} \rightarrow \{\alpha[x(1)+x(2)], \alpha[x(3)+x(4)],...\}$$

pentru tendință, şi

$$\{x(1), x(2), x(3), x(4), ...\} \rightarrow \{\alpha[x(1)-x(2)], \alpha[x(3)-x(4)],...\}$$

pentru fluctuații (abateri), cu $\alpha = 2^{-1/2}$. Este uşor de verificat că sunt satisfăcute proprietățile precedente ale filtrelor, inclusiv posibilitatea reconstruirii imaginii la forma de dinainte de filtrare. Această filtrare (prin decimare) poate fi repetată de atâtea ori cât permite lungimea şirului, acest fapt dând o descompunere multispectrală a şirului original de date. Această procedură de filtrare poate fi extinsă uşor la două sau mai multe dimensiuni.

4.4.3.2.4 Aplicarea la detectarea limitelor şi la recunoaşterea formelor

Reprezentarea multirezoluţie a (geo)imaginii a fost recunoscută ca o soluţie esenţială şi promiţătoare în vizualizarea asistată de calculator şi în fotogrammetria digitală (Doorn, 1991). Un motiv puternic pentru dezvoltarea multirezoluţiei pentru (geo)imaginile digitale îl constituie stocarea şi manevrarea datelor. Se consideră deci logic să se cerceteze o zonă prin imaginile acesteia cu rezoluţii diferite. Sunt prezentate în continuare două metode de detectare a limitelor zonelor izodense şi o soluţie multispectrală şi se evaluează potenţialul acestora pentru formarea şi analiza modelului.

4.4.3.2.4.1. Detectarea limitelor zonelor multirezoluţie pe baza piramidelor imagine

A fost cercetat un algoritm de detectare ierarhică a limitelor zonelor izodense. Pentru o imagine de mărimea 2^n x 2^n, o piramidă este pur şi simplu o descompunere într-o serie de subimagini, cu stratul iniţial imaginea originală, iar cu vârful imaginea cea mai generalizată, formată dintr-un singur pixel. Descompunerea poate fi făcută în mai multe moduri prin medierea valorilor a 4 pixeli vecini şi atribuirea acestei valori noului pixel rezultat după reeşantionare. Este posibil să se aplice o determinare ierarhică şi a limitelor zonelor izodense, prin aplicarea unui detector la nivelurile corespunzătoare ale piramidei, printr-o posibilă reeşantionare, folosind subimaginile de rezoluţie maximă. Figurile 4.22 şi 4.23 arată rezultatele detectării limitelor în piramidă, obţinute pe o imagine mică, folosind detectorul Sobel. S-a folosit o soluţie iterativă, pentru a extrage limitele şi pentru reeşantionare în/pe piramida imagine. Numărul de limite este mai mic atunci când căutarea începe la rezoluţii mai mari. Pentru aceasta poate fi eliminat un mare număr de limite nesemnificative, putându-se obţine limite corecte fără a fi prezent un zgomot semnificativ.

4.4.3.2.4.2. Detectarea limitelor multirezoluţie pe baza focusării pe frontiera zonei

Detectarea limitelor multirezoluţie bazată pe focusarea pe frontiera zonei este o metodă dezvoltată de Bergholm (1987), pentru extragerea unei serii de hărţi cu limite, începând de la un nivel oarecare al piramidei gaussiene, până la nivelul inferior. Soluţia bazată pe focusarea pe frontieră foloseşte limita determinată la un anumit nivel pentru a predefini limita pentru nivelul imediat superior şi pentru a îmbunătăţi precizia poziţională. Focusarea pe detectarea frontierei este independentă de operatorii de detectare utilizaţi. Lam (1990) a aplicat focusarea pe limită cu operatorii gausieni de două tipuri – laplacianul gaussien LoG (vezi 2.4) şi prima derivată a gausienei, prima valoare fiind mai uşor de calculat, dar nedând nici o informaţie referitoare la direcţia laturii detectate, iar a doua dând o informaţie descriptivă mai bogată, în special despre orientare şi magnitudine (intensitate). Operatorul, în cazul al doilea, este dat de formula:

$$G(x, y; \sigma) = \sigma^2 \exp[-(x^2 + y^2) / 2\sigma^2] \quad (4.37)$$

unde σ este factorul de scară sau parametrul de neliniaritate pentru control. Sunt calculate apoi derivatele parţiale de ordinul întâi ale lui $G(x, y; \sigma)$ pentru drecţiile axelor x şi y.

Parametrul de scară σ este mărimea care determină dimensiunea ferestrei folosite pentru a forma două măşti ortogonale. Se aplică apoi imaginii două filtre de convoluţie, cu cele două măşti, prezenţa unei limite fiind detectată uşor folosind valorile magnitudinii (intensităţii) şi orientării. Aşa cum se vede în figura 4.24, procedura de focusare pe frontieră începe cu o valoare mare pentru σ, pentru a extrage limitele cele mai importante.

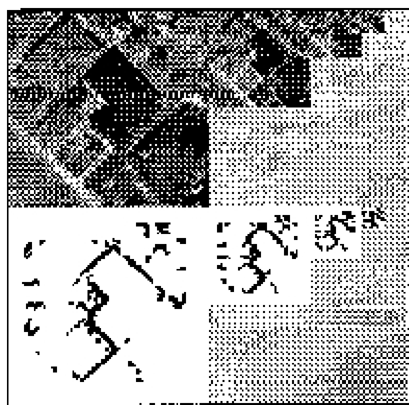


Fig 4.22. Piramida de detectare a limitelor (de la nivelul 4 la n-1)

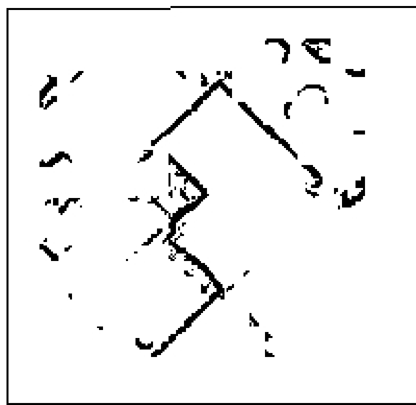


Fig. 4.23 Rezultatul final al detectării (nivelul final n=6)

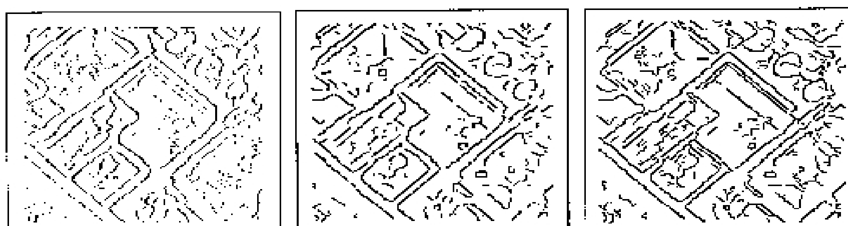


Fig. 4.24 Rezultatele focusării pe frontieră (pentru σ=3, 2 şi 1)

4.4.3.2.4.3 Detectarea limitei în imaginea multispectrală

Tot mai multe imagini se obţin în culori sau ca înregistrări multispectrale. Pentru aplicaţii de interpretare a (geo)imaginii şi deci de extragere a detaliilor, se combină imaginile mai multor canale (benzi) pentru a forma o singură imagine, înainte de a efectua orice prelucrare. După cum se va arăta ulterior, procedura de extragere a detaliilor este practic neliniară şi combinarea datelor înainte de prelucrare pare a fi inferioară procesării canalelor (benzilor) individuale. Soluţiile multirezoluţie şi multispectrală pot fi integrate prin aplicarea tehnicii de focusare pe frontieră fiecărui canal al unei imagini. Pentru aplicaţii de orientare a celor două imagini şi de formare a modelului, este aplicată aceeaşi metodă a focusării pe



Fig. 4.25 Rezultatele orientării formelor pentru canalul albastru

limită celor două imagini conjugate ale stereogramei, formând trei noi imagini cu limite

corespondente (conjugate). Apoi este aplicată o procedură de orientare a formelor, pentru fiecare pereche de imagini cu limite. După cum se vede în figura 4.25, două forme au fost orientate corect în canalul albastru, în imaginile stereoscopice ale canalelor roşu şi verde. Observația cea mai interesantă este că nu au fost orientate reciproc forme în stereogramele cu imagini ale formelor rezultate din imaginile combinate ale canalelor. Cu toate că rezultatele sunt doar preliminare, procesarea separată a canalelor diferite îmbunătăţeşte şansele extragerii informației dorite şi are în mod predefinit un potențial bun pentru aplicațiile de orientare a imaginilor şi de extragere a detaliilor.

4.4.3.2.5 Aplicare la forme multirezoluție rezultate din umbre

Forma rezultată din umbre este o metodă de găsire a informației geometrice în urma analizei uneia sau mai multor imagini cu zone cu umbre (de regulă izodense). În ultimele două decenii au fost dezvoltaţi mulţi algoritmi pentru recunoaşterea formelor de acest tip, care dau foarte bune rezultate atunci când sunt folosite imagini sintetizate din zone bine cunoscute (He şi Blais, 1995).

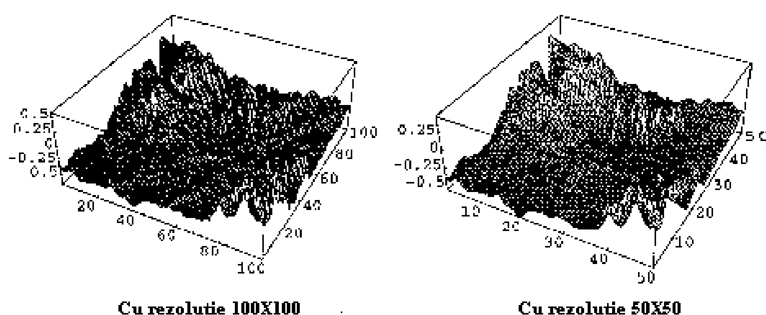


Fig. 4.26 Soluția multirezoluție cu structura piramidală de date

Aplicarea implică două aspecte, unul de implementare a soluției de detectare a limitelor zonelor (umbrite) ce presupune o structură ierarhică a procedurilor de prelucrare a imaginilor, iar altul de folosire posibilă a imaginilor multibandă. Al doilea aspect este avut în vedere în mod deosebit la prelucrarea datelor de teledetecție satelitară. Din literatură reiese că s-au folosit mai ales imagini monocromatice, cercetările nefiind încă făcute cu imagini multispectrale. Se vor analiza ambele situații, cu unele exemple concrete.

4.4.3.2.5.1 Determinarea formelor rezultate din umbre folosind soluția multirezoluție

Determinarea formelor rezultate din umbrele de pe imaginile multirezoluție are avantajul reducerii operațiunilor de calcul, ceea ce duce la mărirea eficienței şi soluții mai stabile (cu un procentaj de reuşită mai mare). Metoda presupune descompunerea imaginii inițiale în mai multe imagini de rezoluții diferite. O cale de implementare a metodei este folosirea structurilor piramidale de date.

Algoritmul funcționează interactiv. Imaginea inițială este redusă de două ori pentru a obține nivelul unu, apoi imaginea nivelului unu este redusă de două ori pentru a obține nivelul doi ş.a.m.d. pentru nivelele superioare. Când dimensiunea subimaginii celui mai inferior nivel este destul de mică pentru a permite implementări foarte rapide ale algoritmului, poate fi obținută o estimație inițială (primă estimație) a formei. O altă caracteristică este aceea de a se comunica foarte corect rezultatele între niveluri, respectiv în termenii descrierii formei. Rezultatul experimentării algoritmului este dat în figura 4.26. Imaginea inițială este de 200 X 200 pixeli, rezultată din imaginile multispectrale (pe 7 benzi), imaginea de nivelul unu este de 100 X 100 pixeli, cea de nivelul doi este de 50 X 50 pixeli ş.a.m.d. (rezoluțile succesive sunt

în progresie geometrică). Se obţine o convergenţă rapidă a soluţiilor, datorită structurii piramidale de date.

Determinarea formei din umbre folosind date multirezoluţie

Teoretic, metoda este mai pretabilă pentru aplicaţiile cu imagini multispectrale, datorită faptului că în diferitele benzi spectrale sunt mai multe signaturi decât în imaginea monocromatică. Considerând ca cele mai folosite imagini în SIG şi teledetecţie imaginile satelitare optice şi fotogramele aeriene (cu excepţia imaginilor radar), soarele poate fi considerat ca o sursă de lumină la aceeaşi distanţă în sistemul de formare a imaginii. Această consideraţie simplifică mult situaţia pentru aplicarea metodei de recunoaştere pe baza umbrelor.

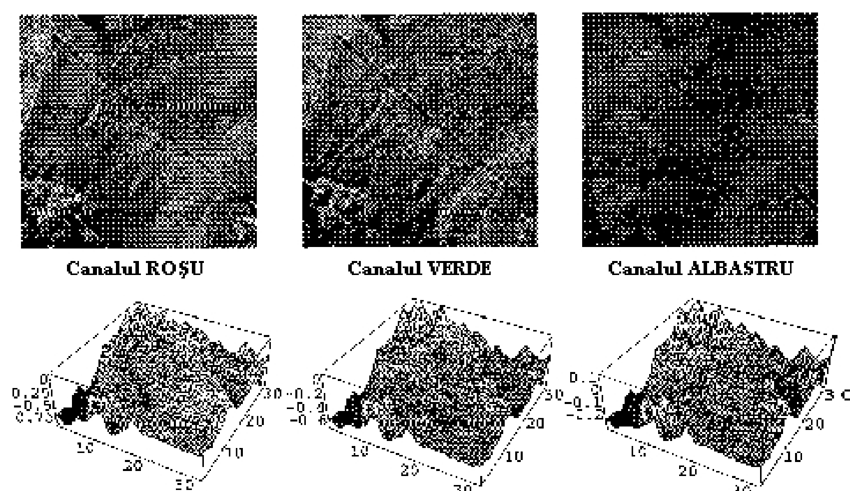


Fig. 4.27 Trei canale ale imaginii color şi rezultatele aplicării metodei de detectare

Cele mai recente imagini de teledetecţie sunt luate de la o distanţă foarte mare. Imaginile la scară mică sunt avantajoase pentru aplicarea metodei descrise, deoarece texturile de detaliu ale suprafeţei pământului sunt nivelate, implicând proprietăţi de reflectanţă relativ omogene. De aceea, alte rezultate ale analizei de (prin) teledetecţie, precum rezultatele clasificării tipului de acoperire a terenului, sunt foarte folositoare pentru analiza rezultatelor obţinute cu metoda aplicată. De exemplu, dacă o zonă este clasificată ca un lac în clasificarea prin teledetecţie, rezultatele aplicării metodei de recunoaştere pentru zona descrisă ar trebui să fie omogene. Printre alte principii care pot fi folosite în aplicarea metodei şi analiza rezultatelor sunt şi cele de "normalitate", ca de exemplu că o anumită vegetaţie nu creşte peste o anumită altitudine, că râurile nu curg peste dealuri ş.a.m.d. Dacă apar anumite conflicte, atunci ceva nu este în regulă atât în teledetecţie, cât şi în aplicarea metodei descrise. Procedurile experimentale descrise sunt tipice pentru lucrul cu imagini multibandă (multicanal). Datele mai multor canale sunt prelucrate împreună, fiind mai întâi combinate, rezultând o singură imagine, propice pentru aplicarea metodei. Procedurile sunt apoi aplicate pentru a extrage formele detectate. Un dezavantaj al acestei metode este că imaginea combinată poate să nu redea corect şi total informaţiile referitoare la umbre (limitele umbrelor), din imaginile multicanal, datorită unor complicaţii precum neliniaritatea. Pentru a folosi pe deplin avantajul imaginilor multispectrale, este bine să se aplice metoda şi fiecărui canal în parte şi apoi să se combine rezultatele. Pentru a demonstra acest avantaj este folosită o imagine digitală color, cu cele trei canale roşu, verde şi albastru (RGB), rezultată din digitizarea raster (scanarea) unei fotograme aeriene color. Rezultatele sunt arătate în figura 4.27.

Din figură se vede că rezultatele privind formele detectate (limitele zonelor umbrite) diferă puțin, datorită proprietăților de reflectanță corespunzătoare fiecărui canal. Formele finale pot fi obținute prin combinarea celor trei imagini rezultate (de exemplu prin simpla operațiune logică “sau”).

4.4.3.2.6 Concluzii şi recomandări

Informațiile imagine se obțin la diferite scări şi rezoluții pentru numeroase aplicații de realizare şi utilizare a sistemelor informaționale geografice. Este necesar a se dezvolta şi implementa proceduri analitice pentru prelucrarea imaginii color şi multispectrale şi a observațiilor temporale cu diferite rezoluții spațiale. Tehnici sofisticate de prelucrare a imaginilor multirezoluție au dus la rezultate deja notabile în alte domenii şi oferă posibilități deosebite şi în realizarea şi utilizarea SIG. Aici metodele pot îmbunătăți mult eficiența codificării pentru necesități de memorare care acum nu par adecvate pentru actualele sisteme de culegere a datelor. Extragerea limitelor şi a detaliilor poate fi realizată mai uşor pe imagini de mai multe rezoluții şi lungimi de undă. Integrarea soluțiilor multirezoluție şi multispectrale în orientarea imaginilor şi recunoaşterea formelor îmbunătățeşte rezultatele şi eficiența procedurilor. Metodele pot fi folosite nu numai la realizarea şi utilizarea SIG. Mai trebuie executate încă studii şi cercetări pentru integrarea în SIG a procedurilor, potențialul părând a fi promițător.

4.5 Utilizarea rezultatelor

Indiferent de metoda de culegere a datelor, importante sunt formatele, structura şi organizarea acestora, pentru a putea fi gestionate şi utilizate cu pachetele de programe SIG. Este bine ca pentru toate datele să existe şi colecțiile de metadate, care să poată fi livrate şi utilizate împreună cu aceste date. Metodele de culegere nu se exclud una pe alta, ci se completează. Utilizarea datelor nu depinde de metoda de culegere decât în mică măsură. Utilizarea rezultatelor va face obiectul unui capitol separat.

4.6 Concluzii

În acest capitol au fost analizate câteva metode de culegere a datelor, accentuându-se doar asupra câtorva metode fotogrammetrice, cartografice şi de teledetecție. S-a tratat şi digitizarea hărții, deoarece hărțile deja existente constituie principala sursă de culegere a datelor în SIG, iar modelarea cartografică precede modelarea SIG, această modelare bazându-se foarte mult pe modelarea cartografică (suprafețe de referință, sisteme de coordonate, forma de prezentare a produselor finale SIG etc.). Dintre metodele de digitizare cartografică testate, rezultate promițătoare au fost obținute prin digitizarea semiautomată pentru toate categoriile de elemente. Pentru procedurile automate, rezultate corecte au fost obținute în special pentru semnele convenționale punctuale şi inscripții, la celelalte categorii de semne fiind necesar lucrul interactiv. Metodele tratate de recunoaştere a obiectelor punctuale (respectiv a seriilor Fourier şi cea cu folosirea teoriei mulțimilor fuzzy) duc la acelaşi rezultat pozitiv. La recunoaşterea tuturor tipurilor de elemente, un rol important îl are determinarea limitei între zonele cu densități optice diferite, atât în imaginea cartografică, precum şi în imaginea fotogrammetrică şi de teledetecție, pentru care s-au folosit două metode diferite (a conservării momentului şi a sumei minime a pătratelor), ce presupun folosirea unor funcții diferite de distribuție. Precizia estimării poziției pragului (limitei sau frontierei comune a două zone de pixeli cu valori diferite) depinde numai de lățimea funcției de distribuție şi de raportul

semnal-zgomot. Cele mai bune rezultate au fost obținute cu metoda sumei minime a pătratelor.

Metodele fotogrammetrice de culegere a datelor folosind aparatele de stereorestituție cuplate cu calculatoarele electronice se folosesc şi se vor mai folosi încă, deoarece dotarea multor organizații importante se bazează încă pe asemenea tipuri de aparate. Programele şi tehnologiile propuse de colectivul din care a făcut parte şi autorul asigură o precizie corespunzătoare determinării coordonatelor şi cotelor punctelor detaliilor. Metodele sunt mai precise decât digitizarea cartografică, atât în ceea ce priveşte poziția, cât şi atributele, aceasta datorită actualității fotogramei şi bogăției acesteia în informații, comparativ cu harta. Metodele de culegere fotogrammetrice analitice asigură o precizie corespunzătoare pentru datele de poziție. Subiectivitatea determinării unor atribute este prezentă şi aici. Algoritmii dezvoltați asigură şi corectarea influențelor unor erori sistematice. Merită arătat faptul că se pot face şi reprezentări grafice ale spațiilor de erori, ceea ce permite o mai bună înțelegere şi apreciere a rezultatelor determinărilor. Pentru aceasta s-au folosit pachete de programe consacrate (de exemplu SURFER şi IDRISI) şi unele proceduri realizate de autor. Cu programele întocmite de autor s-a făcut şi verificarea unor stecometre, precum şi testarea unor camere aerofotogrammetrice, dar testele nu fac obiectul acestei lucrări. Cu aceleaşi programe s-a analizat şi distribuția diferită a poziției punctelor de orientare asupra rezultatelor finale ale determinărilor coordonatelor în urma orientării relative, orientării absolute, formării tripletului sau benzii etc. Nu s-au tratat separat problemele determinării coordonatelor punctelor prin aerotriangulație, problema fiind pe larg tratată chiar în lucrări distincte. O problemă importantă căreia i s-a acordat o mai mare atenție este cea a reducerii erorilor în punctele indici de referință după corectarea deformării filmului, prin aplicarea unei funcții de corectare similară funcțiilor INVDIST şi KRIGING din pachetele de programe pentru MDA. Nu au fost testate mai multe metode de orientare relativă, rezumându-ne numai la orientarea relativă în serie, metoda iterativă (Turdeanu, 1997).

Prelucrarea digitală a imaginilor fotogrammetrice şi de teledetecție este o problemă complexă, în care se realizează mai multe teze de doctorat (Răducanu, D., 1997; Toderaş, 1999 etc.). Referirea s-a făcut în mod special în acest capitol la recunoaşterea formelor în fotogrammetrie şi analiza multirezoluție. Procedura de recunoaştere automată a detaliilor liniare ce foloseşte formele ca primitive conține un şir de operațiuni precum detectarea limitelor, segmentarea liniei şi recunoaşterea formei. S-a demonstrat experimental că pot fi recunoscute mai multe perechi de detalii (liniare) atunci când se aplică procedura independent pentru fiecare canal sau bandă spectrală şi se combină în final rezultatele şi că se obțin mai multe detalii recunoscute atunci când se grupează geometric mai multe segmente mici paralele sau perpendiculare. Utilizând segmentele mai lungi rezultate, ce reprezintă o extensie a procedurii de recunoaştere, s-au obținut rezultate încurajatoare pentru imaginile la scări mari. Pentru posibile îmbunătățiri, procedura trebuie testată pe mai multe imagini de tipuri diferite, iar fazele multiple ale procedurii, testate separat, trebuie întrunite. Procedura realizată poate fi extinsă prin adăugarea unor instrucțiuni pentru recunoaşterea formelor areale.

Procedura poate fi astfel modificată, încât să se extragă întregul detaliu (obiectul) pentru a fi introdus în bazele de date SIG. Diferite module ale procedurii, ca de exemplu detectarea limitelor, formarea unui detaliu liniar din segmente, gruparea geometrică şi recunoaşterea formelor pot fi adaptate pentru extragerea detaliilor. Culegerea datelor SIG prin exploatarea aerofotogramelor şi a imaginilor satelitare este o procedură importantă pentru multe aplicații cu date spațiale. Necesitatea actualizării datelor topografice ale SIG necesită dezvoltarea procedurilor de interpretare automată şi de extragere a detaliilor. Importanța

folosirii cunoştinţelor referitoare la terenul reprezentat în imagine şi o participare minimă interactivă a operatorului pot ajuta în rezolvarea acestor probleme dificile.

Informaţiile imagine se obţin în fotogrammetrie şi teledetecţie la diferite scări şi rezoluţii. Este necesar a se dezvolta şi implementa proceduri analitice pentru prelucrarea imaginii color şi multispectrale şi a observaţiilor temporale cu diferite rezoluţii spaţiale. Tehnici sofisticate de prelucrare a imaginilor multirezoluţie au dus la rezultate deja notabile în alte domenii şi oferă posibilităţi deosebite şi în realizarea şi utilizarea SIG. Aici metodele pot îmbunătăţi mult eficienţa codificării pentru necesităţi de memorare care acum nu par adecvate pentru actualele sisteme de culegere a datelor. Extragerea limitelor şi a detaliilor poate fi realizată mai uşor pe imagini de mai multe rezoluţii spaţiale şi spectrale. Integrarea soluţiilor multirezoluţie spaţială şi spectrală în orientarea imaginilor şi recunoaşterea formelor îmbunătăţeşte rezultatele şi eficienţa procedurilor. Mai trebuie executate încă studii şi cercetări pentru integrarea în SIG a procedurilor, potenţialul părând a fi promiţător. Noi am obţinut rezultate promiţătoare la determinarea formei din umbre folosind date multirezoluţie, procedura dezvoltată fiind mai utilizabilă pentru aplicaţiile cu imagini multispectrale. Pentru aplicaţii de interpretare a (geo)imaginii şi deci de extragere a detaliilor (obiectelor geografice), se combină imaginile mai multor canale (benzi) pentru a forma o singură imagine, înainte de a efectua orice prelucrare. După cum s-a arătat, procedura de extragere a detaliilor este practic neliniară şi combinarea datelor înainte de prelucrare (procesare) pare a fi inferioară procesării canalelor (benzilor) individuale. Soluţiile multirezoluţie şi multispectrală pot fi integrate prin aplicarea fiecărui canal al unei imagini a unei tehnici de focusare pe frontieră. Pentru aplicaţii de orientare a celor două imagini şi de formare a modelului, este aplicată aceeaşi metodă a focusării pe limită celor două imagini conjugate ale stereogramei, formând trei noi imagini cu limite corespondente (conjugate). Apoi este aplicată o procedură de orientare a formelor, pentru fiecare pereche de imagini cu limite.

Ca o încununare a metodelor de prelucrare a imaginilor, cu procedurile descrise în acest capitol şi cu metodele de clasificare descrise într-un capitol anterior s-au interpretat imaginile fotogrammetrice digitale rezultate din scanarea fotogramelor la scara 1:30 000 dintr-o zonă a ţării în folosul unui beneficiar (anexa D). Pentru început este dată localizarea zonei de studiu, apoi sunt indicate subzonele zonei de studiu şi câteva reprezentări grafice ale imaginilor interpretate, referitoare la folosinţa terenului, tipurile de sol, adecvarea terenului pentru sisteme agroforestiere, adecvarea solurilor pentru diferite culturi, hazardul la eroziune etc. Reprezentările, respectiv imaginile digitale pot fi atât surse pentru culegerea datelor SIG, cât şi produse finale ale SIG. Pentru fiecare imagine este dată şi legenda. Cu imaginile respective este demonstrată o submulţime a domeniilor de utilizare a SIG.

CAPITOLUL V REALIZAREA PRODUSELOR SIG (CARTOGRAFIE COMPUTERIZATĂ)

5.1 Construcția hărților

Harta este un sistem cartografic abstract $\mathbf{S_H}$, model al sistemului lumii reale $\mathbf{S_G}$ sau model de ordinul al doilea, respectiv model al conținutului SIG, care la rândul său este un model primar al lumii reale $\mathbf{S_G}$**.** Harta este construită într-un sistem de coordonate plane **XOY.**

Construcția hărții presupune: reprezentarea punctelor $A(\varphi,\lambda)$ ale suprafeței de referință în planul proiecției, respectiv $A(\varphi,\lambda)\rightarrow A'(X,Y)$, obiect al cartografiei matematice; reprezentarea submulțimilor obiectelor bazei de date O_{SIG} și a relațiilor R_{SIG} prin mulțimea semnelor convenționale cartografice. În reprezentarea submulțimilor O_{SIG} și R_{SIG} se folosesc regulile semioticii. Legăturile dintre cartograf (element al SIG, hartă și utilizatorii hărții, pe de o parte, și procesul de nodelare sunt arătate în figura 5.1 (Pravda, 1979; Nițu, C., 1992).

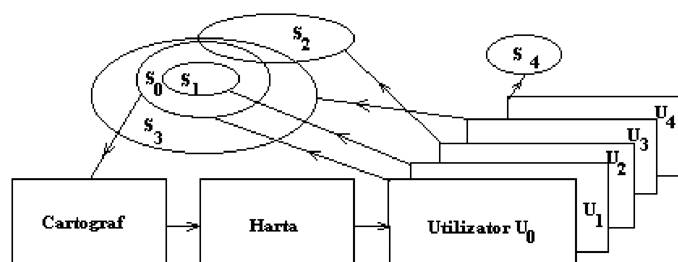


Fig. 5.1. Relațiile în sistemul de construcție și utilizare a hărții

Utilizatorii U_0 (ideal, cu aceleași cunoștințe ca ale cartografului), U_1, U_2, U_3 și U_4 percep imaginile realității ca S_0 (ideală obiectivată), S_1 (redusă), S_2 (înțeleasă parțial), S_3 (înțeleasă larg) și S_4 (înțeleasă inexact).

5.1.1 Limbajul de descriere a semnelor convenționale

Elementele de conținut ale hărților sunt semnele convenționale și inscripțiile, toate acestea fiind descrise ca o familie de simboluri. Mulțimea X a elementelor unei reprezentări cartografice este structurată și clasificată prin adoptarea unui vocabular V. Vocabularul V este o mulțime finită de simboluri. Cu aceste simboluri finite se pot forma fraze, respectiv combinații complexe de simboluri. Totalitatea frazelor aparține limbajului L, frazele se construiesc cu gramatica G, după regulile (producțiile) P. Gramatica G este grupul de 4 elemente $\{V_T, V_N, P, S\}$, unde V_T este mulțimea finită a simbolurilor terminale, V_N este mulțimea finită a simbolurilor neterminale, S este axioma gramaticii, iar P reprezintă regulile sau producțiile, respectiv produsul cartezian

$$(V_N \mathrm{U} V_T)^* V_N (V_N \mathrm{U} V_T)^* \mathrm{X} (V_N \mathrm{U}\ V_T) \qquad (5.1)$$

unde $V_N U V_T$ constituie vocabularul total. Primitivele sunt simbolurile terminale fără caracteristici metrice, spațiale și fizice. Acestea sunt punctul matematic (.), dreapta (—), arcul de cerc (∪) și fraza vidă (∅), dar fără dimensiuni. Alegerea primitivelor se face astfel ca orice simbol să poată fi obținut dintr-o combinație liniară a acestora. Dacă se adaugă simbolurilor

terminale caracteristicile metrice fizice, spațiale etc., precum culoarea, lățimea, lungimea, se obține prima categorie a simbolurilor neterminale: punctul de culoare şi grosime date, segmentul de dreaptă de culoare, lungime, lățime şi orientare date, arcul de cerc de culoare, grosime, rază şi valoare unghiulară date, spațiul de dimensiuni date. Combinația elementelor neterminale ale primei categorii dau simbolurile celei de a doua categorii, care vor avea un grad mare de repetabilitate în simbolurile propriu-zise.

Gramatica G stă la baza procedurilor de generare automată a semnelor convenționale şi inscripțiilor, respectiv a procedurilor de recunoaştere a acestora.

Construcția semnelor convenționale şi inscripțiilor se descrie cu enunțurile de mai jos, respectiv cu regulile metalimbajului BNF:

<lista semnelor convenționale> **::=** <semn convențional> │ <semn convențional> <lista semnelor convenționale>
<semn convențional> **::=** <operator> <figură>
<operator> **::=** <identificator operație> <lista parametrilor> │ <spațiu>
<identificator operație> **::=** <sistemul local de coordonate> │ <puncte de legătură> │
│ <calculul coordonatelor originii sistemului local de coordonate în sistemul hărții> │
│ <transformarea prin rototranslație a sistemului de coordonate local> │ <introduce în reprezentare a variabilelor retiniene (umplere, haşurare etc.) > │ <stabilirea punctului principal al semnului>
<lista parametrilor> **::=** <parametru> │ < parametru> <lista parametrilor>
<figură> **::=** <identificatorul figurii> <corpul figurii>
<corpul figurii>**::=** <operator> <lista simbolurilor neterminale de ordinul al doilea> │
│<operator> <corpul figurii>
<lista simbolurilor neterminale de ordinul al doilea> **::=** < operator> <lista simbolurilor neterminale de ordinul întâi> │ < operator> <lista simbolurilor neterminale de ordinul întâi> <lista simbolurilor neterminale de ordinul al doilea>
< simbol neterminal de ordinul întâi> **::=** <spațiu> │ <identificatorul simbolului neterminal de ordinul întâi>
<identificatorul simbolului neterminal de ordinul întâi>**::=** < identificatorul simbolului terminal> <lista parametrilor>
< identificatorul simbolului terminal> **::=** <segment> │ <arc> │ <punct> │ <spațiu>
<simbol terminal> **::=** < identificator> <lista parametrilor>
<lista parametrilor> **::=** <parametru> │ < parametru> <lista parametrilor>
<parametru> **::=** <grosime> │ <lungime> │ <curbură> │ <culoare>
< identificator> **::=** <caracter > │ < caracter> < identificator>
<caracter> **::=** <caracter alfanumeric> │ <semn special>
<caracter alfanumeric> **::=** <literă> │ <cifră>
<literă> **::=** <A> │ <B> │ <C>…. │…. <Y> │ <Z>
<cifră> **::=** <0> │ <1> │ <2> │ <3>…. │…. <8> │ <9>
<semn special> **::=** <+> │ <-> │ <?>…. │…. <*>

5.1.2 Proceduri de construcție (generare) automată a simbolurilor

Cele de mai sus permit crearea procedurilor de construcție (generare) automată a semnelor convenționale cartografice. Regula construirii automate a unui simbol (semn convențional) constă în: proiectarea manuală a semnului; alegerea simbolurilor terminale din

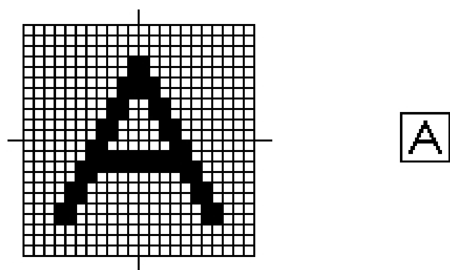


Fig. 5.3. Înscrierea unei litere în grilă

limbajul *L*, însoţite de parametri în sistemul local de coordonate (într-o grilă cu latura egală cu unitatea); construirea simbolurilor neterminale de ordinul întâi, cu frecvenţă mare în cadrul simbolurilor neterminale de ordinul al doilea, prin alipirea, suprapunerea, rotaţia, omotetia şi translaţia simbolurilor terminale (pe baza punctelor de alipire, de suprapunere etc. indicate); construirea simbolurilor de ordinul al doilea, prin alipirea, suprapunerea, rotaţia etc. simbolurilor neterminale de ordinul întâi şi a celor terminale; construirea semnelor convenţionale propriu-zise prin combinarea simbolurilor de mai sus.

Spre deosebire de părerea că trebuie realizate proceduri separate pentru semnele convenţionale separate pe clasele punctuale, liniare, areale şi inscripţii (Niţu, C., 1992), noi am optat pentru un singur generator, descriind într-o grilă (figura 5.2) toate tipurile de semne. Deoarece are loc proiectarea interactivă a semnelor, cu folosirea ecranului grafic ce lucrează cu date raster, orice semn va fi definit de pixeli în grila dată şi nu din puncte cu coordonate (date vectoriale).

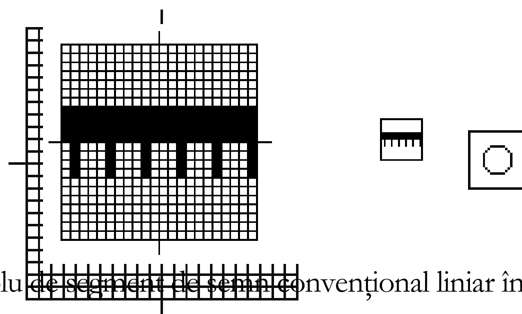


Fig. 5.4. Exemplu de segment de semn convenţional liniar înscris în grilă

Fig. 5.2. Grila 22X22 de definire a unui simbol (semn convenţional)

Originea sistemului local de coordonate se alege în centrul grilei (ca în cazul de faţă) sau, pentru a avea numai coordonate pozitive, în colţul din stânga jos al grilei. Sunt marcate pe figură şi axele sistemului local de coordonate. Pentru exemplul dat, în partea dreaptă a figurii se arată într-un patrat mai mic forma semnului. Acest semn este un semn convenţional de tipul punctual. Pentru acest tip de semn se pot alege şi alţi parametri, precum culoarea şi grosimea liniei. În mod interactiv se poate, cu ajutorul locatorului, să se coloreze şi alţi pixeli, pentru a corecta semnul convenţional. Şi caracterele de scriere pot fi definite în aceiaşi grilă (figura 5.3). Trebuie remarcat faptul că aici, dacă se neglijază culoarea, elementele terminale V_T ale vocabularului *V* sunt pixelul de valoare 1 sau 0, respectiv V_T**={■, □}**sau V_T**={0, 1}.** Aici numai alipirea fiecărui pixel vecin contează la crearea unui semn convenţional. Alegerea tipului de semn convenţional care se proiectează poate fi făcută dintr-o familie de semne predeterminate. Pe acelaşi principiu se bazează şi construcţia unui semn convenţional liniar, cu observaţia că se proiectează numai un fragment de semn, cel care încape în grilă (figura 5.4). Acest simbol este un simbol de tip punctual, care se va aplica în mod repetat pe traseul definit de coordonatele axului obiectului, respectiv de punctele $P_i(X_i,Y_i)$, i=1,n; n≥2. Aceasta se va demonstra prin codul sursă al programelor scrise în limbajul FORTRAN.

Trebuie determinate în orice moment locul şi direcţia de aplicare a simbolului. Aceleaşi considerente sunt făcute şi pentru semnele convenţionale areale. În figura 5.5 este arătat un fragment de semn convenţional areal. Şi aici frgmentul de semn se aplică teseral pe

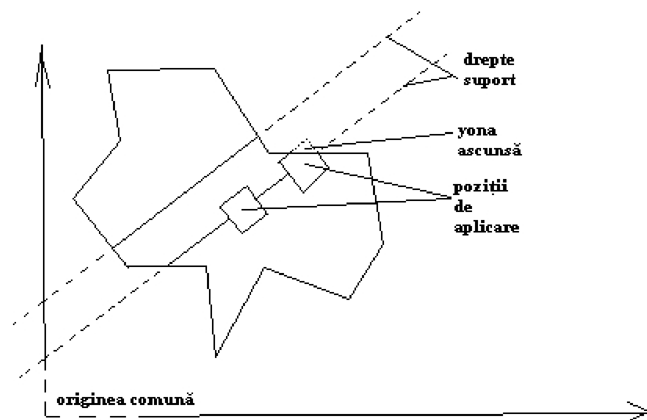


Fig. 5.6 Principiul reprezentării simbolurilor areale

domeniul de definiţie al detaliului areal, cu sau fără insule în sens topologic. În cazul inexistenţei insulelor, domeniul este definit de coordonatele punctelor P_i, respectiv $P_i(X_i, Y_i)$, i=1,n; n≥3, cele minim 3 puncte fiind necolineare. Se remarcă faptul că atât la detaliile liniare, cât şi la cele areale, între punctele P_i există o relaţie de ordine implicită. În domeniul areal, regulile de construcţie sunt: se consideră ca simbol terminal chiar fragmentul de simbol areal, respectiv V_T={█}; se determină dreptele paralele (haşuri) pe care se aplică semnul (figura 5.6); se determină punctele de aplicare repetată a simbolului "terminal" pe dreapta suport, astfel încât să se obţină un continuum teseral; se alege, de regulă, o origine comună de unde să înceapă aplicarea fragmentelor areale, astfel ca să nu existe probleme de discontinuitate a zonelor areale la racordarea mai multor foi; se aplică simbolul "terminal" până la epuizarea locurilor, întrerupându-se semnul (ascunzându-se) dacă iese în afara zonei. Se va prezenta şi o procedură scrisă în FORTRAN pentru determinarea dreptelor suport şi aplicarea simbolului areal.

5.1.3 Procedura de reprezentare a simbolurilor (fragmentelor de simboluri)

În cele ce urmează se prezintă în limbajul FORTRAN procedura de aplicare a semnelor convenţionale punctuale, în acestea intrând şi fragmentele de semne convenţionale liniare şi areale arătate mai sus. Descrierea cu formule a algoritmului ar ocupa un spaţiu destul de mare.

Considerăm utilă, în economia lucrării, prezentarea procedurii în limbajul FORTRAN, pentru a putea fi testată şi folosită de către specialişti. Instrucţiunile sursă ale procedurii sunt următoarele:

```
      Subroutine semn (sxpage,sypage,height,angle,nchar)
```

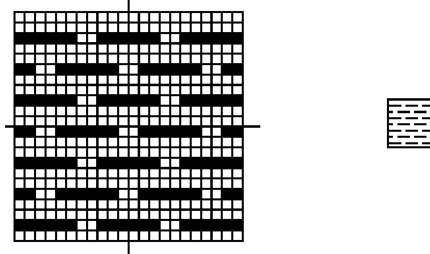


Fig. 5.5 Fragment de semn convenţional areal înscris în grilă

```
cc    pachet de semne conventionale
cc    subrutina de semne punctuale si fragmente de semne liniare si areale
cc    date de intrare:
c     sxpage,sypage-coord punctului de aplicare
```

```
c          height-coeficientul de scara
c          angle-orientarea directiei de aplicare
c          nchar-variabila de control-numarul de repetari in cazul scl si scs
c          proceduri folosite-din biblioteca grafică tektronix
cc         variabile interne
c          tpnt-punct de inceput
c          pnt-punct terminal fara desen
c          pntneu-punct final cu desen
c          zmass-scara de desenare
c          lungime-lungime text sau simbol liniar-numar de aplicari
c          ipen-aprindere pixel(2),stingere pixel(3)
c          rxpage,rypage-
c          dfunma-
c          amass-scara în sutimi de mm
c          dfundr-
c          dreh-rotatia in sutimi de grad
c          iw-indicele pentru ibcd
c          iz-indicele de desen pentru ibcd(iw)
c          izausg-
c          jcode-lista de coduri alfanumerice
c          kj-indice lista coduri
c          m- numar simbol
c          ianf-indice initial tabela din catalogul simb
c          iend-indice final din..
c          jpen-cod pixel aprins, stins pentru punctul curent
c          x,y-punct curent in catalog, coordonate locale
c -----------------------------------------------------------------
c nota-respectate notatiile din documentatia tektronix
           dimension ibcd(1),tpntneu(2),tpnt(2),pnt(2)
common /code/jcode(59)
common /form/ndruck,iprn1,iprn2,lan1,ifor1(2),ifor2(4),nbcd
common /katalo/kcode(21),katal(52)
common /lcod/lcode(56)
common /endpt/rxpage,rypage
common /masstab/fact,xbezug,ybezug,dfunma,dfundr
equivalance (tpnt(1),xtpnt),(tpnt(2),ytpnt)
equivalance (pnt(1),xpnt),(pnt(2),ypnt)
equivalance (pntneu(1),xpntneu),(pntneu(2),ypntneu)
c
           xpnt=sxpage
           ypnt=sypage
ipen=3
           if(nchar.lt.-1) ipen=2
           if(xpnt.ne.999) go to 10
           xpnt=rxpage
if(ypnt.ne.999) go to 15
ypnt=rypage
call plot(xpnt,ypnt,ipen)
if(nchar.lt.0) go to 55
c functia d de iesire
           if (dfunma.eq.eight.) go to 20
c se pastreaza vechea scara
           dfunma=height
           call rund (height*1000,amass)
c functie de rotunjire
           amass=amass*fact
           call satznr
           call strauss (4,35)
           call strauss (9,amass)
```

```
        call crulf
c s-a generat o comanda de aprindere/singere pixel curent
if(dfundr.eq.angle) go to 25
dfundr=angle
call rund (angle*1000,dreh)
call satznr
call strauss(4,45)
call strauss(9,dreh)
call crulf
c comanda orientare
c text sau aplicare segment pe sc liniar (propriu-zis sau din sc areal)
lungime=0
zmass=height*0.015
call satznr
call strauss(31,0.)
iw=1
iz=1
if(nchar.eq.0) iz=nbcd
do 40 i=1,nchar
        izausg=jcode(29)
        call tausch(iz,ibcd(iw),1,izausg)
        call zaehle(iz,iw)
        do 35 j=1,56
                if (izausg.eq.jcode(j) go to 50
continue
kj=29
call error(51)
go to 37
kj=j
if(jcode(kj).eq.0) go to 36
lungime=lungime+code(kj)
call straus(kj.0.)
call straus(31,0)
call crulf
xtpnt=xpnt
ytpnt=ypnt
tlae=float(lungime)
xpnt=xpnt?tlae*zmass
call rotat(tpnt,pnt,angle,pntbeu
c rotirea punctului in jurul originii locale a semnului
                rxpage=xptneu
                rypage=yptneu
                go to 999
m=ibcd(1)+1
if(m.gt.14)  go to 65
zmass=height/6
xtpnt=xpnt
ytpnt=ypnt
                ianf=kcode(m)
                iend=kcode(m+1)-1
                do 60 n=ianf,iend
                        j=1000
                        jpen=mod(katal(n)/10000,10)
                        if (jpen.eq.3.or.jpen.eq.1) ipen=3
                        x=float(mod(katal(n)/j,10))
                        j=j/10
                        y=float(mod(katal(n)/j,10))
                        j=j/10
                        if(x.eq.9) go to 60
```

```
                              xpnt=xtpnt+(x-3.)*zmass
                              ypnt=ytpnt+(y-3.)*zmass
                              call rotat (tpnt,pnt,angle,pntneu)
                              call plot(xptneu,yptneu,ipen)
    continue
    go to 999
    call error(6)
return
end
```

Aşa cum s-a arătat, se folosesc subrutinele grafice Tektronix. Descrierea semnelor se face prin numere (comenzi numerice) stocate în lista katalo, numărul de comenzi fiind variabil, în funcție de complexitatea semnului convențional, respectiv de numărul de simboluri terminale şi neterminale componente. Decodificarea acestor comenzi se face în secvențele "do 60…60 continue", separând continuu fiecare cifră, care are o anumită semnificație (coordonată, aprindere spot sau pixel, cod de terminare etc.).

5.1.4 Procedura de reprezentare a semnelor convenționale liniare

În continuare se prezintă instrucțiunile în cod sursă FORTRAN pentru reprezentarea unui semn convențional liniar.

```
            Subroutine linie(xarray,yarray,npts,inc,lintyp,inteq)
cc          pachet semne conventionale
cc          xarray,yarray-coordonatele a npts puncte care definesc linia, indesite spline
cc          npts-numarul de puncte
cc          inc-incrementul punctelor unde se aplica simbolul
cc          lintyp-tipul liniei dintr-o familie de tipuri ce se va arăta mai jos
cc          inteq-numărul simbolului punctual se se aplica pe axa suport
c- interne
c           ipen-starea spotului
c           m,n,k,j-indici
c           xpage,ypage-punct de iesire
c           icode-
            dimension xarray(1), yarray(1)
            l=iabs(lintyp)
            ipen=3
            m=npts*inc+1
            n=npts*inc+inc+1
            k=npts*inc
            i=0
            xfirst=xarray(m)
            yfirst=yarray(m)
            xarra=abs(xarray(n))
            yarra=abs(yarray(n))
            if(xarra.eq.0) xarra=1.
            if(yarra.eq.0) yarra=1.
            do 15 i=1,k
                     if(mod(I-1,inc).ne.0) go to 15
                     xpage=xarray(1)
                     ypage=yarray(1)
                     if(xarray(n).lt.0.) go to 3
 xpage=xpage-xfirst
continue
                     xpage=xpage/xarra
if(yarray(n).lt.0.) go to 4
ypage=ypage-yfirst
```

```
ypage=ypage/yarra
continue
j=j+1
if(lintyp) 5,25,20
continue
xpage=xfirst-xpage
go to 1
continue
ypage=yfirst-ypage
go to 2
continue
if(i.ne.1) go to 21
call semn (xpage,ypage,height,inteq,angle,-1)
ipen=2
j=0
go to 15
continue
if(j.eq.1) go to 10
continue
call plot (xpage,ypage,
ipen=2
go to 15
continue
if(j.ne.1) go to 5
continue
icode=ipen-4
                    call semn (xpage,ypage,,height,inteq,angle,icode)
                    j=0
continue
return
end
```

5.1.5 Procedura de reprezentare a semnelor convenționale areale

O problemă importantă este determinarea fascicolului de drepte paralele pe care se aplică fragmentul de semn convențional areal, care, aşa cum s-a văzut, poate fi considerat tot un semn convențional punctual. Subrutina de mai jos, codificată cu instrucțiuni sursă FORTRAN, determină aceste drepte, o dreaptă fiind determinată de punctele de intersecție dintre acea dreaptă şi conturul poligonal al obiectului areal. Sunt rezolvate şi cazurile particulare de intersecție în cadrul acestui program prezentat, dar mai ales şi de alte programe ale pachetelor propuse de autor.

```
Subroutine areal(xp,yp,n,nrsimb,mcode,pas,fact,alfa)
cc      Pachetul de generare a semnelor conventionale
cc parametri
c       xp,yp-coordonatele punctelor de contur
c       n-numărul punctelor
c       nrsimb-nr simbolului punctual fragment de semn liniar sau areal
c       mcode-(=3, se deseneaza s.c. areal, diferit, simpla hasurare)
c       pas-distanta dintre drepte
c       fact-factorul de scara
c       alfa-orientarea dreptei
cc interni
c       xp,yp-punctele dreptei suport
c       xmin,xmax,ymin,ymax-coord minime si maxime
c       panta-panta dreptei suport
c       ….
```

```
            dimension xp(1),yp(1)
            dimension a(10),b(10),d(10)
            data /ro/57.3
            xmin=9999999.
            ymin=9999999.
            pmin=9999999.
            xmax=-9999999.
            xmax=-9999999.
            pmax=-9999999.
            beta=alfa/ro
            cosa=cos(beta)
            if(cosa.eq.0.) go to 61
            fanta=sin(beta)/cosa
            pasx=pas/fact/(abs(cosa))
            go to 62
     continue
panta=9999999.
pasx=pas/fact
do 1 I=1,n
            xa=xp(i)
            ya=yp(i)
            xad=ya-panta*xa
            if(pmin.ge.xad)pmin=xad
            if(pmax.le.xad)pmax=xad
            if(xmax.lt.xa)xmax=xa
            if(xmin.gt.xa)xmin=xa
            if(ymax.lt.ya)ymax=ya
            if(ymin.gt.xa)ymin=ya
1           continue
if(alfa.ne.90.) go to 63
pmin=xmin
pmax=xmax
     continue
ord=pmin+pasx
l=0
continue
do 3 j=1,10
            a(j)=0.
            b(j)=0.
continue
j=1
do 4 i=1,n
            xbc=xp(i)
            ybc=yp(i)
            if(i-n) 13,14,13
continue
xad=xp(i+1)
yad=yp(i+1)
go to 15
continue
xad=xp(1)
yad=yp(1)
if(alfa.eq.90.) go to 64
continue
d1=ybc-panta*xbc-ord
d2=yad-panta*xad-ord
go to 63
               continue
d1=xbc-ord
```

```
d2=xad-ord
            continue
if(d1.eq.0..and.d2.eq.0.) go to 4
if(d1*d2) 19,18,4
continue
if(d1.eq.0.) go to 21
a(j)=xad
b(j)=yad
go to 20
continue
a(j)=xbc
b(j)=ybc
go to 20
continue
if(xad-xbc.ne.0.) go to 22
a(j)=xab
b(j)=panta*xad+ord
go to 20
continue
if(alfa.ne.90.) go to 64
a(j)=ord
b(j)=ybc-d1*pa
go to 20
continue
a(j)=xbc-ord-xbc*pa)/(panta-pa)
b(j)=panta*a(j)+ord
continue
j=j+1
continue
j=j-1
l=l+1
k=mod(l,2)
ip=j-1
if(k.eq.0.) go to 51
xa=xmin
ya=ymin
if(panta.le.0.) xa=xmax
goto 6
continue
xa=xmax
ya=ymax
if(panta.le.0.) xa=xmin
continue
do 5 i=1,j
         d(i)=(xa-a(i))**2+(ya-b(i))**2
8                 continue
idex=0
do 9 i=1,ip
         if(d(i).le.d(i+1)) go to 9
         aux=a(i)
         a(i)=a(i+1)
         a(i+1)=aux
         aux=b(i)
         b(i)=b(i+1)
         b(i+1)=aux
         aux=d(i)
         d(i)=d(i+1)
         d(i+1)=aux
         idex=idex+1
```

```
continue
if(idex.ne.0) go to 8
i=1
continue
if(a(i).eq.a(i+1).and.b(i).eq.b(i+1)) go to 11
go to 10
continue
do 12 m=i,ip
        a(m)=a(m+1)
        b(m)=b(m+1)
12              continue
ip=ip+1
j=j-1
10              continue
        i=i+1
        if(i.le.ip) go to 31
        if(mcode.ne.3) go to 101
        do 24 i=1,j
                ipen=3
                k=mod(I,2)
                if(k.eq.0) ipen=2
C simpla hasurare
                call plot(a(i),b(i),ipen
       continue
go to 102
continue
c desenare semn conv areal prin aplicare fragmrnt pe linie
        call liniearie(xp,yp,a,b,d,n,j,nrsimb,pas)
c xp,yp-coord n puncte contur
c a,b-coord a j puncte inters a dreptei cu conturul
c nrsimb-numarul simbolului areal
c pas-distanta dintre drepte sau latura fragmentului de semn
continue
ord=ord+pasx
if(ord.lt.pmax) goto 2
continue
return
end
```

Subrutina "liniearie" aplică fragmentul de semn liniar sau areal, de fapt ca şi unul punctual, pe dreapta suport dată prin coordonatele a şi b ale punctelor de intersecţie a dreptei suport cu conturul obiectului areal, ordonate după poziţia lor pe dreapta suport. Acestei subrutine i se transmit şi coordonatele celor n puncte de contur, pentru a se rezolva problema zonelor ascunse (vezi figura 5.6), parametrii *d* ai modului de continuitate a liniei suport formată din segmente pe care se aplică semnul şi segmente "goale", rezultate din intersecţiile particulare ale unei drepte cu un contur poligonal. În figura 5.7 este arătat un domeniu plan pe care s-a aplicat un semn convenţional areal al cărui fragment este arătat în grila suprapusă.

5.1.6 Particularități de realizare a procedurilor de reprezentare a semnelor convenționale şi a inscripțiilor

După cum s-a arătat, într-o singură grilă se pot reprezenta, prin date raster, atât semnele convenționale punctuale propriu zise, cât şi literele, caracterele speciale şi fragmentele de semne liniare şi areale. Cu un program de bază pot fi reprezentate tipurile cele mai frecvente de semne, care să permită utilizatorului, indiferent de ce nivel este, să-şi proiecteze singur propriile semne, de dimensiuni şi culori dorite, inclusiv prin completarea cu noi fragmente de semn, prin simpla înnegrire (colorare) a unor pixeli din grilă. În figura 5.8 este arătată pictograma cu câteva tipuri de semne proiectate, pentru care utilizatorii îşi pot alege caracteristicile particulare pentru un anumit tip de hartă. În cadrul unor pachete de programe utilizate într-un sistem informațional geografic pot coexista mai multe tipuri de programe generatoare de semne convenționale.

Parametrii simbolurilor care trebuie actualizați sunt de mai multe tipuri, ca de exemolu numărul simbolului, culoarea (culorile) şi denumirea sau codul obiectului reprezentat (pentru toate simbolurile), înălțimea, lățimea sau diametrul (pentru cele punctuale), lățimea liniei, lățimile liniilor, intervalul dintre liniile echidistante, lungimiile segmentelor de linii întrerupte, lungimile intervalelor pe direcția de parcurgere între aceste segmente etc. (pentru cele liniare), combinarea celor de mai sus (pentru cele areale), fontul, tipul, înălțimea în puncte şi în milimetri (pentru scriere).

Aici tipul scrierii se referă la tipul bold (îngroşat), italic (înclinat) sau subliniat. Alegerea fontului se face din fonturile disponibile ale sistemului respectiv de calcul. Pe sistemele pe care s-au experimentat programele realizate de autor sunt foarte multe fonturi

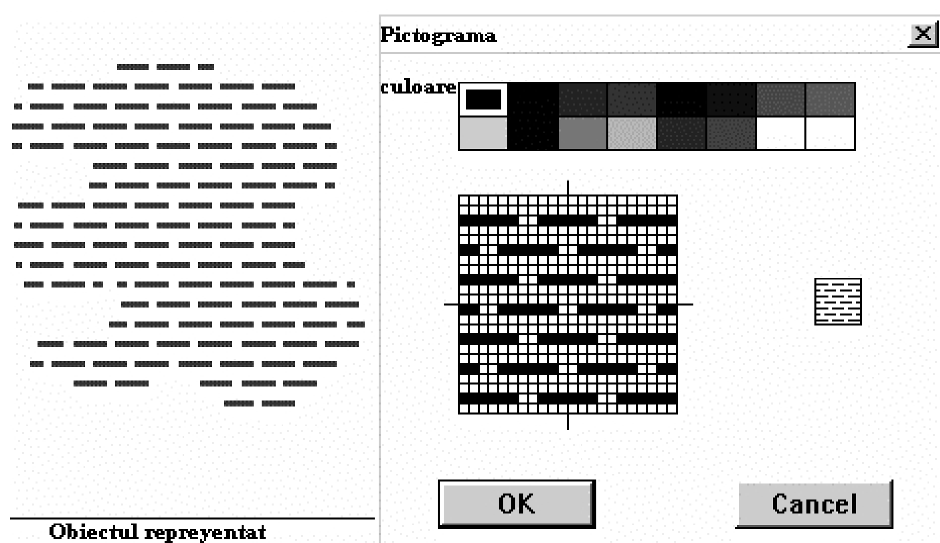


Fig. 5.7 Exemplu de obiect areal şi fragmentul cu care s-a realizat

disponobile, printre care arial, complex, courier, symbol etc., inclusiv ESRI Cartographic, Map Symbols, ESRI Wether, ESRI Transportation, ESRI Meteorological, specifice unor hărți tematice.

În figura 5.9 este prezentată fereastra de definire a parametrilor specifici unui tip de semn convențional areal, respectiv cel pentru care s-a arătat grila de descriere. În figură sunt arătate: forma geometrică a modelului cu marcarea lățimii (grosimii) *w* a liniei, distanței *d* dintre marginile liniilor paralele vecine, fiind explicată şi mărimea variabilei "*pas*" (vezi codul sursă); numărul simbolului într-un sistem de grilă plană specifică meniurilor proiectate de autor (5.4, respectiv rândul 6 şi coloana 4, cu originea în colțul din stânga sus al grilei);

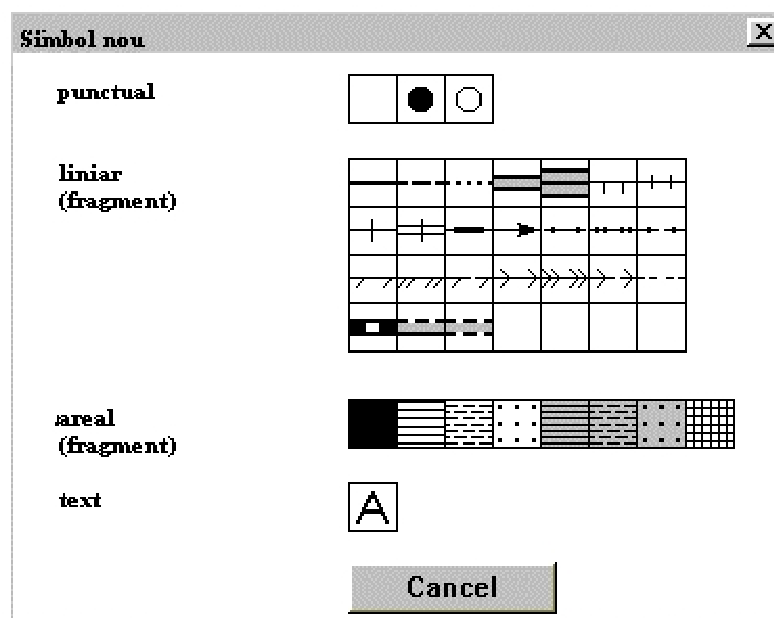


Fig. 5.8 Câteva tipuri de semne convenționale ce pot fi personalizate de utilizatori

denumirea obiectului reprezentat (mlaştină); orientarea direcției de haşurare în grade sexazecimale ($0,0^0$ în cazul dat, vezi "*alfa*" din programul sursă; pentru o anumită serie de hărți, de exemplu pentru hărțile topografice, acest unghi este chiar convergența meridianelor); culoarea (albastru 50%); lățimea sau grosimea *w* a liniei în mm (0,2); lungimea *l* a segmentului desenat (1 mm); distanța *d* între marginile liniilor desenate (0,5mm); distanța *d1* între capetele a două segmente consecutive (0,5 mm). În pictogramă sunt trecute şi comenzile de validare sau acceptare (**OK**) şi de renunțare la acceptare (**Cancel**).

5.1.7 Meniuri pentru semne convenționale şi inscripții

Pentru a permite lucrul interactiv cu programele de construcție a hărților, este necesar ca pe ecranul grafic, în fereastra de lucru trebuie definită o subfereastră în care să apară imaginile semnelor convenționale şi inscripțiilor, fiecare într-o celulă distinctă. Între poziția teserală a celulelor şi cuvintele de cod ale obiectelor (detaliilor individuale), pe de o parte şi semnele convenționale şi inscripții, pe de altă parte, există o corespondență biunivocă.

Prin vizarea cu indicatorul comandat de locator se activează în acelaşi timp codul obiectului şi semnul convențional (inscripția) cu care se reprezintă. Este bine ca vizarea în celula unui semn să fie confirmată prin ecouri grafice (sau chiar sonore la sistemele importante). Noi am ales doar soluția ecoului grafic, respectiv marcarea cu o linie de altă dimensiune şi altă culoare a conturului celulei şi apariția într-o subfereastră, în partea de jos, a denumirii obiectului sau a semnului convențional.

În acelaşi program, se pot afişa mai multe meniuri în aceeaşi zonă a ferestrei, în funcție de stratul activ, stratul, după cum s-a arătat la structurile de date geografice, conținând datele corespunzătoare unei anumite teme sau subteme (de exemplu date privind obiectele

planimetrice, date de relief, date de hidrografie, date de vegetaţie, date referitoare la soluri, date meteorologice, date privind obiectele reţelelor de transport etc.).

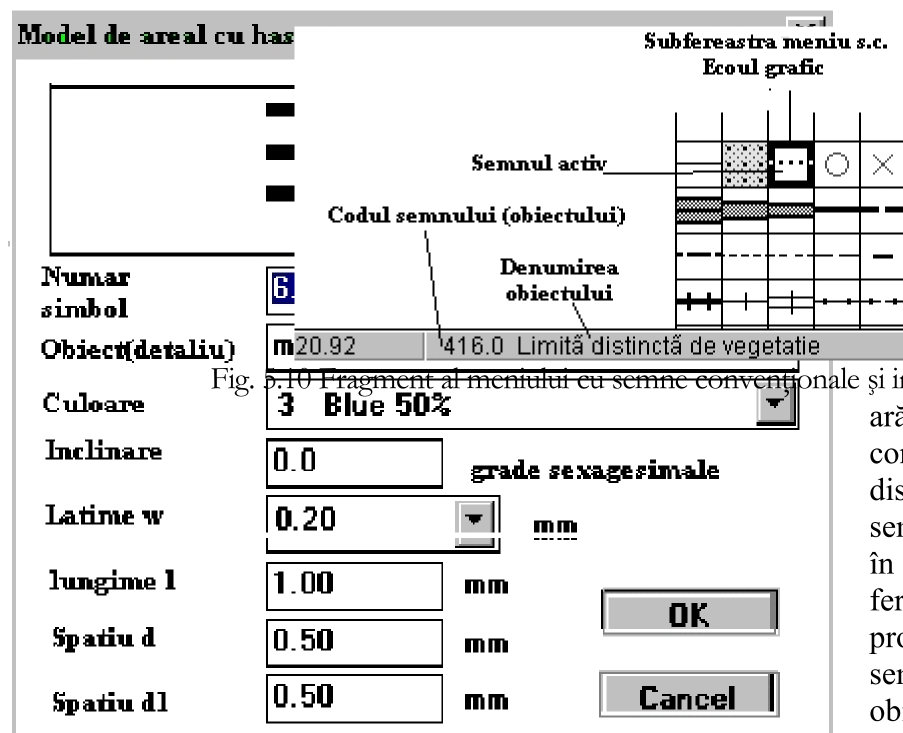


Fig. 5.10 Fragment al meniului cu semne convenţionale şi inscripţii

Fig. 5.9 Parametrii de descriere pentru un semn areal

În figura 5.10 sunt arătate câteva semne convenţionale proiectate, dispuse în meniul de semne convenţionale aflat în partea dreaptă a ferestrei grafice a programului. Se observă semnul activ, denumirea obiectului, numărul (poziţia) din grilă al semnului etc.

5.1.8 Funcţiile programului de generare a semnelor convenţionale şi inscripţiilor

Programele de generare a semnelor convenţionale şi a inscripţiilor, care din considerentele de mai sus sunt denumite generic **simboluri**, precum şi alte programe de cartografiere automată din cadrul SIG, trebuie să permită realizarea funcţiilor descrise mai jos.

Simbol nou permite crearea unui simbol din tipurile arătate în figura 5.9. Alegerea unui tip se face prin simpla vizare în fereastra (câmpul) care are în interior desenată figura generalizată a simbolului. Funcţia ***Definire*** permite introducerea numărului sau codului simbolului, a denumirii obiectului definit de simbol, a culorii şi a valorilor dimensiunilor elementelor simbolului (figura 5.9). Cu ***Pictograma*** se afişază imaginile mărite ale simbolului în grilă şi în afara ei. Pe imaginea din grilă se poate modifica şi culoarea semnului sau se pot adăuga noi pixeli coloraţi în interiorul grilei. Cu funcţia ***Modificare tip*** se poate, pentru un anumit simbol, să se modifice tipul prin alegerea unui nou tip din cele afişate în figura 5.8 şi, respectiv, de introducere a unor noi parametri, de felul celor arătaţi în figura 5.9. Cu funcţia ***Scara*** se poate modifica scara unui anumit simbol. Acest lucru apare când pe hărţi de acelaşi tip, dar la scări diferite, un obiect oarecare se reprezintă cu acelaşi simbol, dar de dimensiuni diferite, de exemplu simbolurile punctelor geodezice pe hărţile topografice de diferite scări.

Valoarea coeficientului de scară se exprimă procentual (100% pentru scara 1:1, 50% pentru scara 1:2, 200% pentru mărirea de 2 ori etc.). Funcţia ***Copiere*** permite copierea datelor corespunzătoare simbolului într-o zonă rezervată de memorie (de exemplu în “Clipboard”), în vederea introducerii ulterioare într-un nou fişier (şi meniu) de simboluri, cu funcţia ***Alipire*** (taste). Cu funcţia ***Stergere*** se elimină simbolul din fişierul de simboluri şi din meniul

corespunzător. Funcția ***Dublare*** permite duplicarea unui anumit simbol, în vederea unor ușoare modificări ulterioare ale parametrilor dimensionali, ale culorii sau ale figurii, prin adăugarea de noi pixeli desenați, prin simpla vizare cu ajutorul locatorului și comanda prin apăsare a unui buton (unei taste). Cu ***Editare culori*** se pot defini combinațiile nuanțelor de culori specifice unor anumite hărți, în vederea utilizării acestora în construcția simbolurilor, respectiv a hărților. Se aleg nuanțele dintre cele disponibile pentru ecranele grafice, imprimante, fotoplotere etc. Încărcarea unui nou fișier cu simboluri se face cu comanda ***Incarcare***, cu condiția ca fișierul să fie copiat în prealabil pe un suport de memorie pe care să-l poată citi sistemul disponibil. Tot pe un asemenea suport poate fi extras fișierul cu comanda ***Extragere***.

5.1.9 Funcțiile programului de construcție și editare a hărților

Programul de construcție și editare a hărților folosește datele în formate standardizate extrase din baza de date SIG. Obiectul lucrării de față nu-l face modul de stocare a datelor, de care s-au ocupat sau se ocupă alți autori (Toderaș, 1998). Funcțiile care trebuie asigurate de program se referă la: (a) *gestiunea fișierelor* de date în formatul specific programului (crearea unui fișier cartografic nou, deschiderea unui fișier cartografic existent, salvarea fișierului creat sub același nume sau cu alt nume, ștergerea unui fișier; (b) *tipărirea sau desenarea hărții* (alegerea ploterului sau imprimantei, setarea parametrilor perifericului de tipărire sau desen, alegerea suprafeței de tipărire, respectiv a întregii hărți sau numai a ferestrei afișate, alegerea scării de reprezentare etc.); (c) *alegerea proiecției cartografice*, a *tipului hărții* și a *sistemului de coordonate*, *generarea semnelor convenționale și a inscripțiilor* (vezi 5.1.8); (d) *editarea obiectelor cartografice* sau a detaliilor hărții (selectarea unui obiect sau detaliu, selectarea tuturor obiectelor dintr-o zonă, ștergerea unui obiect, mutarea unui obiect într-o altă poziție, copierea unui obiect într-o altă poziție, adăugarea sau ștergerea unui punct în/din obiectul liniar sau conturul unui obiect areal selectat, netezirea traseului acelorași tipuri de obiecte, ștergerea obiectului selectat, racordarea a două obiecte liniare de același cod care se află în relația geometrică de vecinătate "cap la cap", alte tipuri de racordări, schimbarea semnului convențional cu care se reprezintă un obiect, mutarea poziției de aplicare a unei inscripții, corectarea fontului sau conținutului inscripției etc.); (e) *completarea datelor fișierului cu noi date digitizate* pe timpul construcției și editării hărții (setarea parametrilor digitizorului, activarea sau dezactivarea digitizorului, testarea digitizorului, orientarea datelor digitizate – în cazul folosirii digitizorului vectorial, importul sau citirea imaginii scanate, gestiunea imaginilor raster rezultate din scanare, afișarea pe ecran a imaginii scanate, digitizarea cu locatorul a imaginii de pe ecran , orientarea datelor digitizate – în cazul folosirii digitizării pe ecranul grafic); (f) *funcții ale* eventualei *generalizări cartografice* atunci când e necesar etc. În anexa C sunt exemplificate câteva rezultate ale unor rezolvări ale unor probleme cartografice dificile.

5.1.10 Exemplu de program - MicroCAM

5.1.10.1 Pachetul de programe MICROCAM

Pachetul de programe MICROCAM este un pachet ce permite reprezentarea conținutului grafic al unor hărți, folosind ca date inițiale datele extrase din diferite baze de date cartografice. Pachetul se folosește la Academia Militară a armatei S.U.A. de la West Point. Derivă din programul CAM (Computer Aided Mapping - cartografiere asistată de calculator), realizat pentru CIA, pentru reprezentarea pe hărți a unor detalii geografice. La lansarea în execuție a programului este afișată o fereastră care are componentele obișnuite ale unei ferestre (interfețe grafice) Windows. Bara de meniuri conține următoarele comenzi (între

paranteze sunt date subcomenzile): File - fişier (New - fişier nou, Open - deschidere a unui fişier existent într-un dosar oarecare, Configure - configurare a dosarului obişnuit de lucru, Exit - ieşire din program); Tools - instrumente sau proceduri (DLG Browser - explorator al fişierelor de format DLG, DLG Indexer - crearea unui fişier de indecşi dintr-un fişier de format DLG, DCW Browser - explorator al fişierelor de format DCW, DCW Mounter - crearea unui fişier de indecşi dintr-un fişier de format DCW, PKD Browser - explorator al fişierelor de format PKD); Windows - la fel ca la toate interfeţele altor programe Windows); Help - ajutor (Contents - afişarea oricărei explicații pentru o expresie de tezaur a pachetului, About - afişarea unor informații generale despre pachetul de programe). Sub linia meniurilor se află micile pictograme denumite butoane, ale căror funcții sunt identice cu cele ale comenzilor meniurilor. La activarea comenzii Open din meniul File este afişată o listă cu fişiere de hartă deja existente în dosarul Maps (hărți), unde există, de exemplu, şi fişierul denumit "Arabia". Denumirea cu extensie a acestui fişier este "Arabia.cam". La un clic pe această denumire apare în căsuța "File name" numele fişierului selectat. La un clic pe butonul "Open" este deschis fişierul şi apare subfereastra unde e afişat conținutul fişierului ales sau este afişată chiar imaginea grafică a hărții, în funcție de comanda activată din cele două comenzi Map - hartă (reprezentarea imaginii hărții) sau Commands - comenzi (afişarea comenzilor succesive care comandă reprezentarea elementelor hărții). De exemplu, pentru fişierul "Romania.cam" lista comenzilor fişierului este:

```
REM O harta a României
rem in proiectia conica Lambert
rem alege proiecția conică conformă
rem Lambert
rem cu paralelele standard 22°N si 26°N
lambert 42,,,46,,
rem seteaza scara hartii 1:5.000.000
mapsal 5000000
rem seteaza zona de desen de 5"x 3,75"
xylim 5,3.75
rem  limiteaza harta ca lat 40°N - 50°N,
rem long 20°E - 30°E
mapbound 40,,,60,,,20,,,30,,
rem centrul hartii la 45°N si 25°E
cetpot 45,,,25,,
rem creaza o caseta goala de 4" x 1,5"
rem in punctul 2,75",-2,75"
rem si deseneaza frontiera casetei goale
openbox 1.0,2.75,-2.75,2.0,0.75,1.0
rem deseneaza o caseta de 10" x 7,5"
rem in punctul de coordonate 0", 0"
boxxy 0.0,0.0,5,3.75
rem alege linie punctată
linemode 4
rem alege penita 5 (maro pe ecran)
pen 5
rem deseneaza o rețea lat/long la
rem intervale de 1° de la 40°N la 50°N
rem si de la 20°E la 30°E
lgrid 1,1,.5,.5,40,,,50,,,20,,,30,,
rem alege linie continua (solid line)
linemode 0
rem alege penita 1 (negru pe ecran)
pen 1
rem deseneaza tarmurile
feature 1,0,30
rem alege linie intrerupta (liniuta-punct)
linemode 2
rem alege penita 4 (rosu pe ecran)
pen 4
rem deseneaza frontierele nationale
feature 2,0,234
feature 2,0,235
feature 2,0,302
feature 2,0,307
feature 2,0,308
```

```
REM deseneaza capitala Bucharest,
symbol 44,26,,26,6,,.1,0,7
rem deconecteaza activarea casetei
rem deschise
openbox 0
rem alege linie continua
linemode 0
rem alege penita 2 (albastru pe ecran)
pen 2
rem alege latimea liniei de 2 puncte
rem (un punct  ~1/150" sau  0,169 mm)
linewt 3
rem scrie textul "România" de inaltime a
rem caracterelor 0.28", in punctul
rem de coordonate 0,87", -2,40"
textxy 0.87,-2.40,0.28,0,ROMÂNIA
rem alege latimea liniei de 1 punct
linewt 1
rem scrie textul "Proiecția conică
rem Lambert", înălțime 0.28", în punctul
rem de coordonate 0,87", -2,65"
textxy 0.87,-2.65,0.14,0,Proiecția conică
rem Lambert
rem scrie textul "Scara - 1:5.000.000",
inaltime 0.14", in punctul 0,87". -2,90"
textxy 0.87,-2.90,0.14,0, Scara –
rem 1:5.000.000
rem scrie textul "Proiectant: Nițu
rem Constantin", inaltime 0.14", in
rem punctul ..
textxy 0.87,-3.15,0.14,0,Proiectant: Nitu
rem Constantin
rem scrie textul "cu programul
rem MicroCAM" inaltime 0.14", in..
textxy 0.87,-3.40,0.14,0,cu programul rem
MicroCAM
```

La activarea comenzii Map şi la clic pe butonul Draw map (desenează harta), apare imaginea hărţii.

În figura 5.11 este dată reprezentarea graniţelor ţării noastre în proiecţia conică Lambert.

5.1.10.2 Semnificaţia comenzilor fişierului hartă

Se convine a se denumi fişierul cu extensia ".cam" fişier hartă. Comenzile cuprinse în fişier se împart în două grupe, în prima grupă intrând cele pentru generarea elementelor specifice proiecţiilor cartografice, respectiv pentru calculul şi reprezentarea reţelei cartografice (reţeaua cu imaginile meridianelor şi paralelelor), iar în a doua grupă restul comenzilor pentru desenarea tuturor celorlalte elemente ale hărţilor. Pentru fiecare comandă sunt explicaţi în comanda de asistenţă (help) şi parametrii ce însoţesc comanda (anexa A, tabelul A5). Explicaţiile pentru două din comenzile de calcul şi reprezentare sunt cele de mai jos.

…….

2.AZED
Proiecţia azimutală echidistantă
/1 parametri:
[1]: raza maximă a proiecţiei (mile marine)
Exemplu:
AZED 4000 - selectează proiecţia cu raza de 4000 mile

3.AZEQAREA
Proiecţia azimutală echivalentă
0/1 parametri:
[1]: raza maximă a proiecţiei (mile marine)
Exemplu:
AZEQAREA - selectează proiecţia azimutală echivalentă (valoarea implicită a razei este 5000 mile)
Un exemplu de comandă din cea de a doua grupă este cel de mai jos.
32.*FILLXY*
Umple o zonă cu un model (patern) în punctul de coordonate date
3 parametri:
1,2: coordonatele x, y ale punctului
3: numărul formei (paternului) de umplere
Observaţie: forma (paternul) de umplere nu este exportată pentru fişierele de desen (este valabilă doar pentru reprezentarea pe ecran).
Exemplu:
FILLXY 4,-3,2 - umple o zonă delimitată cu un punct interior de coordonate rectangulare 4",-3", cu modelul (paternul) nr. 2

Trebuie menţionat că la alegerea opţiunilor de afişare mai sunt activate două meniuri în bara de comenzi, respectiv Edit - corectare (cu subcomenzile specifice comenzii de editare din orice program Windows) şi Map - hartă (cu subcomenzile: draw - desenează harta; step - pas - execută următoarea comandă din lista de comenzi: comanda executată fiind scrisă in linia de stare a ferestrei harta; pause - pauză, intrerupe desenarea hărţii; reset - resetează / şterge harta afişată şi resetează comenzile hartă la prima linie; update screen - actualizează ecranul, este refăcută sau actualizată imaginea hărţii pe ecran după fiecare comandă executată).

5.1.10.3 Structura fişierelor de date ce pot fi utilizate de programul MICROCAM

a) FORMATUL FISIERELOR ASCII DCW (Digital Chart of the World)

Agenția Cartografică a Apărării (Defense Mapping Agency sau DMA, actualmente NIMA) a creat fişierele Hărții Digitale a Lumii (Digital Chart of the World, DCW) cu datele digitale ale hărții la scara 1:1.000.000, pe zone de 5° X 5° denumite "tiles (plăci sau trapeze)", individualizate prin coordonatele colțului de sud-vest (latitudine şi longitudine). Este dificil să se proceseze direct fişierele DCW. PhD Associates Inc. a reformatat datele DCW - fişiere ASCII, care sunt stocate, in formă comprimată, pe un singur CDROM. Acest CDROM este

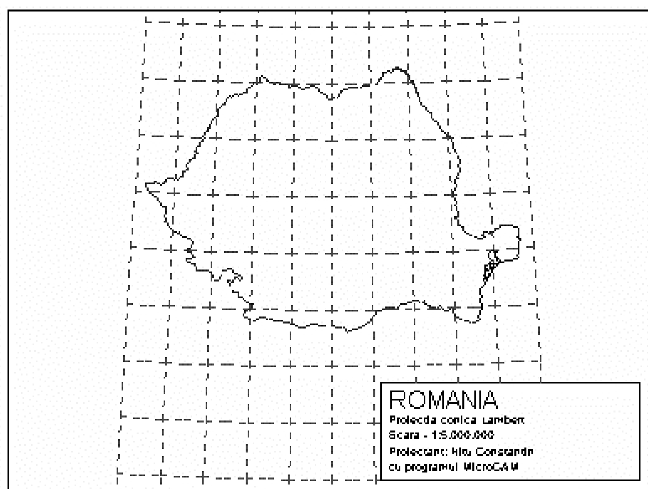


Fig. 5.11 Exemplu de reprezentare în proiecția conică Lambert

disponibil pentru instituțiile de invățământ la un preț modic, prin Microcomputer Specialty Group al Asociației Geografilor Americani (Association of American Geographers, AAG). În MicroCAM, două comenzi permit accesul la fişierele DCW în format ASCII. Comanda DCWFILE procesează detaliile liniare, iar comanda DCWTEXT procesează etichetele text ale detaliilor. În ceea ce priveşte introducerea datelor DCW, fişierele de date ASCII trebuie introduse pe sistemul la care se lucrează. Opțiunea "DCW Mounter" sub meniul Tools (instrumente, proceduri) face decompresia fişierelor DCW existente pe CDROM şi plasează rezultatul in subdosarul (path) DCW de pe discul sistemului la care se lucrează. Deoarece fiecare zonă de 5° x 5° din datele DCW are fişiere cu acelaşi nume, fiecare nouă zonă o va

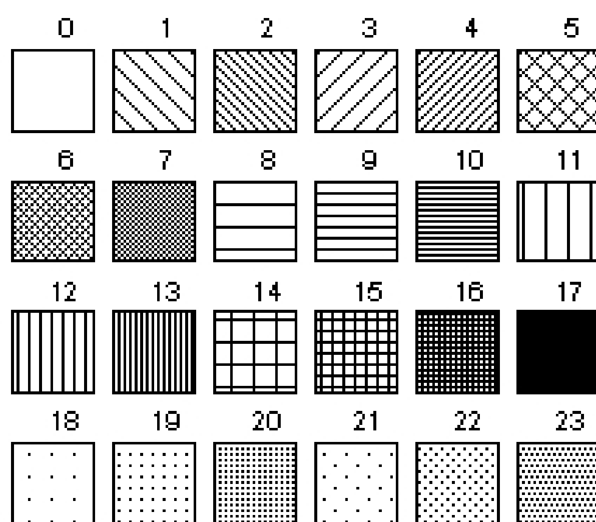


Fig. 5.12 Modelele de umplere a zonelor cu comanda (procedura) FILL (umplere)

inlocui pe precedenta dacă nu folosiți opțiunea "mount in subdirectory", care crează un

subdosar (subdirectory) pe calea (path) DCW denumită pentru zona introdusă (de exemplu, DCWPATH\40N090W).

Este de reținut că pentru ca DCW Mounter să lucreze, trebuie să existe pe sistem programul PKUNZIP.EXE, în dosarul sistem.

Numele majore folosite pentru fişierele in format DCW ASCII sunt ("nn" reprezintă fişiere de detalii de diferite nivele):

TIPURI DE DETALII

Categoria	LINIARE	PUNCTUALE	INSCRIPTII
caseta zonei	BOX.LLP		
monumente	CLL00.LLP	CLP00.LLT	
bazine hidr.	DNLnn.LLP	DNPnn.LLT	DNT00.LLT
bazine hidr. sup.		DSPnn.LLT	
hipsografie	HYLnnnnn.LLP	HYPnn.LLT	
hipsografie sup.	HSLnnnnn.LLP	HSP00.LLT	
oceane	OFLnn.LLP	OFPnn.LLT	
fiziografie	PHLnn.LLP		
frontiere polit.	POLnn.LLP	POPnn.LLT	POT00.LLT
localități	PPL00.LLP	PPPnn.LLT	PPP02.LLT
drumuri	RDLnn.LLP	TSP01.LLT	
căi ferate	RRLnn.LLP	TSP02.LLT	
transporturi	TSLnn.LLP		
utilități	UTLnn.LLP		
aeronautice			AEPnn.LLT

b) FISIERELE BAZEI DE DATE World Data Bank II

Fişierele cu denumirile de mai jos sunt accesate automat prin comenzile (procedurile) FEATURE si LINEPT (sunt accesibile in mod manual cu comanda FEATURE - detaliu, prin folosirea tuturor celor trei parametri):

COAST.PNT Tărmurile lumii.
ISLAND.PNT Insule.
LAKE.PNT Lacuri.
COUNTRY.PNT Frontierele țărilor.
STATE.PNT Frontierele statelor SUA.
RIVER.PNT Râurile principale

c) FORMATELE FISIERELOR PENTRU EXPORTUL DATELOR

Funcția Export File (export fişiere) permite salvarea hărților în patru formate de fişiere: MicroCAM (MCF), AutoCAD (DXF), limbajul grafic Hewlett-Packard (HPGL) si bitmap (BMP). Fişierele salvate în aceste formate pot fi importate în alte aplicații. Formatul de export MicroCAM este folosit pentru a salva o hartă intr-o formă intermediară (precalcul), care poate fi importată (folosind "File | Import") pentru a restaura harta mai rapid decât la utilizarea fişierului de comenzi obişnuite de tipul "*.cam". Fişierele sunt relativ mici şi sunt procesate mai rapid când sunt importate în MicroCAM. Fişierele sunt salvate cu extensia

.MCF. Formatul de schimb al datelor DXF al lui AutoCAD este un standard industrial, de tip ASCII, care este acceptat de multe programe de aplicații CAD si SIG. Deoarece formatul conține doar text ASCII, fişierele pot fi de volum mare (multi-megabyte). Fişierele DXF sunt formate din date vectoriale şi de aceea pot fi folosite prin rescalare fără pierdere de rezoluție. MicroCAM plasează diferite culori şi stiluri de linii pe diferite straturi, pentru a uşura editarea ulterioară a hărții. Fişierele sunt salvate cu extensia .DXF. Limbajul grafic Hewlett-Packard sau HPGL este un alt standard industrial care constă din comenzi elementare pentru ploter. Fişierele sunt de tip ASCII, dar nu conțin întreruperi de linii şi sunt greu de editat. Multe aplicații importă date HPGL. Fişierele pot fi mari, dar mai mici decât cele în format DXF. Fişierele HPGL conțin date vectoriale şi pot fi rescalate fără pierderea rezoluției. Fişierele au extensia .PLT. Fişierele bitmap sunt fişiere grafice standard pentru mediul Windows. Deoarece sunt create la rezoluția imaginii originale, nu pot fi rescalate fără pierderea rezoluției. Trebuie să ajustați dimensiunile hărții la mărimea dorită inaintea exportarii fişierului. Fişierul este salvat cu extensia .BMP.

5.1.11 Concluzii

SIG conține propriile programe de construcție şi editare a hărților, nu atât de complexe ca programele independente cu acest obiectiv. Datele pot fi exportate din SIG către aceste programe pentru realizarea hărților. Hărțile mai complexe (topografice şi tematice deosebite) se realizează în organizații de profil cartografic, care pot folosi şi date extrase din SIG. Hărțile tematice cu conținut simplificat se pot realiza şi cu sisteme mai simple, mai ales la imprimante color. Problemele de realizare a acestor hărți sunt comune cu cele ale sistemelor complexe. Problemele de generalizare cartografică se referă în acest caz doar la problemele de selecție. Uneori, conținutul tematic se poate suprapune prin afişare sau tipărire pe hărțile topografice sau tematice complexe, ca noi straturi, de exemplu situația poluării chimice a unei zone în urma unei catastrofe.

5.2 Reprezentarea valorilor tematice *z* pe o zonă continuă

5.2.1 Principii de bază

Este imposibil a se măsura o mărime z în toate punctele unei zone. Exemple de mărimi discontinue *z*, măsurate în câteva puncte: temperatura, presiunea, aciditatea solului, poluarea cu o anumită substanță (conținutul apei, solului, sau cantitatea unei substanțe poluante, de exemplu cianură), altitudinea sau cota.

De exemplu, cotele trebuie cunoscute în punctele caracteristice ale reliefului (vârf, pe linii caracteristice, pe vale, pe creastă, pe şa etc.). Se pot reprezenta pe hartă punctele şi se scrie valoarea cotei în fiecare punct. Dar cine citeşte sau face măsurători pe hartă se descurcă greu. Ar fi bine dacă relieful s-ar reprezenta prin curbe de nivel sau izohipse. De asemenea ar fi bine ca relieful să se reprezinte şi în perspectivă şi prin alte metode, de exemplu prin umbre. Şi alte produse derivate se pot obține, ca de exemplu harta cu izopante sau curbe de egală pantă etc.

5.2.1.1 Determinarea prin interpolare a valorii z

Uneori este necesară determinarea cotei unui punct de pe hartă situat între două curbe de nivel. Se pot folosi formulele (3.1), unde H_1 şi H_2 sunt cotele celor două puncte, H este cota

de determinat a punctului, D_1 şi D_2 sunt distanţele de la punct la cele două puncte, iar P_1 şi P_2 sunt ponderile cotelor celor două puncte, care variază invers proporţional cu distanţa.

$$H=(P_1*H_1+P_2*H_2)/(P_1+P_2) \quad (5.2)$$
$$P_1=1/D_1 \quad P_2=1/D_2$$

Prima formulă reprezintă calculul mediei ponderate. Puteţi calcula cu programul Calculator pentru următorul exemplu: D_1=5mm, D_2=10mm, H_1=100m, H_2=110m.

Rezultă $P_1=1/D_1=0,2$; $P_2=1/D_2=0,1$; H=(0,2*100+0,1*110)/0,3=31/0,3=310/3=103,(3) m.

Acelaşi lucru se întâmplă dacă în jurul punctului cu cotă necunoscută se află mai multe puncte cu cote cunoscute. În acest caz se aplică tot formula mediei ponderate.

$$H=(P_1*H_1+P_2*H_2+P_3*H_3+...+P_n*H_n)/(P_1+P_2+P_3+..+P_n) \quad (5.3)$$

Sunt şi alte metode de interpolare, pe care le veţi descoperi fiecare la lucrul cu programele de tipul programului SURFER. Aici s-a arătat doar principiul, strict necesar înaintea utilizării procedurilor programului.

5.2.1.2 Modul de lucru

Fie cazul cotelor. Punctele ale căror valori *z* sunt cunoscute se află în puncte şi pe linii caracteristice ale reliefului (fig. 5.13). Dacă se unesc aceste puncte se obţine o reţea de triunghiuri. Se poate determina cota oricărui punct ce se găseşte în interiorul unui triunghi, folosind formula (5.3), dar acest lucru se face numai cu pachete de programe complexe, cum ar fi modulul TIN al pachetului ArcINFO, destinat pentru rezolvarea multor probleme privind relieful, precum determinarea traseului curbelor de nivel (izohipselor sau curbelor ce unesc punctele de aceeaşi cotă), determinarea vizibilităţii dintre puncte, determinarea zonelor nevăzute, determinarea profilului pe o direcţie dată etc.

Mai întâi sunt determinate valorile z în punctele unei reţele (grile, grid) cu o anumită densitate, dându-se iniţial cotele unui număr limitat de puncte, de exemplu doar vârfurile triunghiurilor din figura 5.13. Această grilă reprezentată în vedere perspectivă arată ca în figura 5.14. Modul de obţinere a acestei reprezentări va fi descris în partea finală a acestui capitol. Este necesar să se revadă definiţiile cotei, curbei de nivel, azimutului, proiecţiei cartografice etc., însuşite la alte discipline.

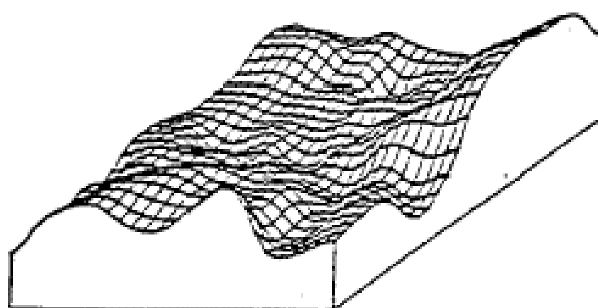


Fig. 5.14 Punctele unei grile cărora li se determină cotele prin interpolare

În acest capitol sunt prezentate doar câteva probleme care se pot rezolva folosind modelul digital al terenului (MDT), modelul digital altimetric (MDA) şi alte dezvoltări în

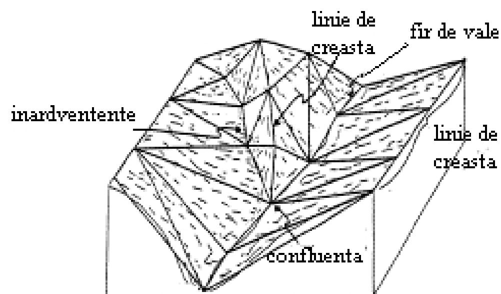


Fig. 5.13 Punctele caracteristice cărora li se determină inițial cota

acest domeniu. Se specifică doar că modelul digital altimetric constă în totalitatea datelor ce descriu o zonă dată, procedurile şi algoritmii de prelucrare şi reprezentare. Dintre problemele ce se vor adânci se amintesc extragerea informației hidrologice dintr-un model digital altimetric şi reprezentarea plană a variabilelor prin umbre.

Pe plan se pot reprezenta şi curbele de nivel. Aspectul curbelor proiectate pe planul orizontal sau pe planul proiecției cartografice este cunoscut de la studierea hărților şi nu îl mai prezentăm aici. Ne-am rezumat doar la unele reprezentări ce nu au fost tratate la alte cursuri.

5.2.1.3 Structura unui program de prelucrare şi reprezentare a MDA

Programul de prelucrare şi reprezentare a MDA poate fi de sine stătător, precum programul SURFER realizat de firma Golden Software (puteți consulta pe Internet datele referitoare la acest program la adresa http://www.golden.com) sau ca modul în cadrul unui sistem de programe pentru sistemele informaționale geografice, ca de exemplu modulul TIN al sistemului de programe Arc/INFO..

Câteva dintre funcțiile acestor programe sunt date în tabelele anexei A. Programele au interfețe performante pentru utilizatori. În sistemul de programe există şi posibilități de gestionare a diferitelor structuri de date, care nu sunt adâncite aici. Se dă doar o figură sugestivă (fig. 5.15), în care sunt reprezentate grafic structurile de tip rețea regulată şi de triunghiuri oarecare (TIN), schema organizării datelor şi două imagini sugestive ale reliefului unei zone, cu şi fără microstructuri.

Un pachet de programe accesează tipurile de fişiere cu extensii stabilite pentru fiecare tip de aplicație. Sunt fişiere distincte cu valorile *z* în puncte caracteristic, fişiere de parametri, fişiere cu cotele în punctele unei rețele rectangulare (grile), fişiere cu cotele în punctele unei rețele de triunghiuri oarecare, fişiere paletă de culori (PAL), fişiere de simboluri, fişiere finale cu datele izocurbelor; fişiere de tip text (TXT) etc. Este bine ca dosarele şi subdosarele cu aceste tipuri de fişiere să fie organizate pe proiecte.

Programele au ca funcții gestiunea datelor unui proiect, interpolarea valorilor *z* în punctele unei rețele rectangulare cunoscând valorile *z* în puncte distribuite aleator sau neregulat, triangularizarea punctelor cu valori z, determinarea traseelor izocurbelor, reprezentarea plană a vederilor 3D, reprezentarea în plan prin umbre a valorilor variabilei z, combinarea imaginilor cu diferitele forme de reprezentare a reliefului etc.

Pentru toate funcțiile sunt prevăzute comenzi. Denumirile comenzilor sugerează funcțiile procedurilor activate cu aceste comenzi. Prelucrarea se poate face interactiv sau automat prin simpla explorare a fişierelor de comenzi sau de macrocomenzi, scrise cu limbaje specifice (de exemplu AML pentru Arc/INFO).

La procedurile specifice MDA sunt adăugate proceduri de: a) reprezentare a textelor, poligoanelor, simbolurilor generale sau semnelor convenționale cartografice, dreptunghiurilor, elipselor, unor curbe de ordin superior, axelor de coordonate, legendei, direcției meridianului (nord) etc.; b) aranjare a imaginilor reprezentate pe ecran - deplasare în plan, rotire, transformare de scară, efect de lupă, aliniere a obiectelor etc.; c) combinare a unor reprezentări diferite; c) netezirea curbelor prin funcții polinomiale, funcții spline etc.

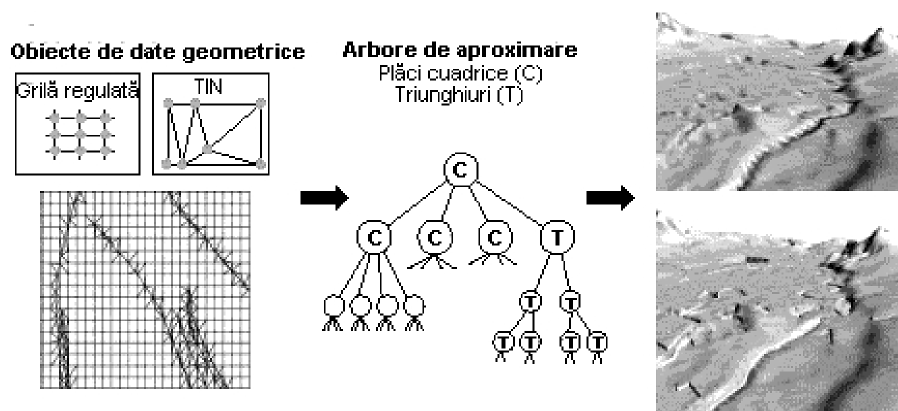


Fig. 5.15 Structuri de date altitudinale

Procedurile specifice MDA pot fi grupate ca proceduri pentru: a) culegerea cotelor punctelor distribuite aleator sau punctelor izohipselor sau calculul automat al valorilor z după funcții prestabilite şi realizarea fişierelor de coordonate, identificatori şi cote; b) interpolarea cotelor punctelor rețelei rectangulare - proceduri de interpolare, proceduri de apreciere şi reprezentare a preciziei de interpolare, proceduri de alegere a metodei optime de interpolare etc.; c) determinarea traseelor izocurbelor - alegerea parametrilor curbelor, inclusiv echidistanța, alegerea curbelor principale, normale, ajutătoare, accidentale, combinarea imaginii izocurbelor cu imaginea ce conține punctele inițiale cu cote, editarea izocurbelor rezultate etc.; d) încărcarea unei hărți de bază şi combinarea curbelor de nivel cu conținutul hărții încărcate; e) determinarea zonelor umbrite şi a imaginilor în plan ale vederilor 3D, combinarea acestor reprezentări; f) determinarea profilelor şi a zonelor văzute sau nevăzute, combinarea acestor reprezentări cu harta numerică sau cu geoimaginea în general; g) Determinarea cotelor unor puncte din orice reprezentare specifică MDA, distanțelor înclinate, suprafețelor şi volumelor etc.; h) determinarea traseelor de curgere.

Pachetul poate conține şi un editor al reprezentărilor (carto)grafice realizate, având ca funcții selecția unui obiect, selecția obiectelor dintr-o zonă, ştergerea, deplasarea, copierea, modificarea tipului etc. pentru obiectele selectate, adăugarea de inscripții, combinarea diferitelor reprezentări, separarea pe straturi de obiecte ş.a. Un program special de editare trebuie să permită şi corectarea fişierelor cu coordonate şi cote. Programele au proceduri de citire a datelor în formate generale cunoscute şi în formate specifice unor pachete de programe cu grad mare de generalizare (import), respectiv de scriere a tuturor acestor tipuri de fişiere. Programelor le sunt ataşate fişiere speciale (drivers) specifice tuturor perifericelor de intrare sau ieşire.

5.2.2 Extragerea informației hidrologice dintr-un model digital altimetric

Extragerea informației hidrologice din modelul digital altimetric (MDA) este una din operațiunile cele mai solicitate în SIG. O structură importantă de date folosită în analiza spațială în SIG este MDA, organizat, de regulă, ca o rețea de triunghiuri oarecare concatenate (pentru toate vârfurile triunghiurilor cunoscându-se coordonatele și cotele) sau ca o rețea (grilă) regulată de puncte. Folosirea oricăreia din cele două structuri pentru extragerea informației hidrologice pune unele probleme deosebite, deși în cazul structurii de tip grilă s-au obținut unele rezultate încurajatoare. Se prezintă în continuare două metode pentru extragerea informației hidrologice, arătându-se avantajele și dezavantajele.

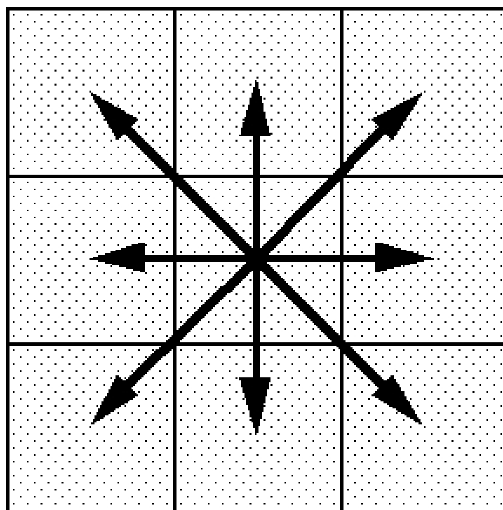


Fig. 5.16 Vecinii în structura grilă şi direcţiile posibile de curgere

5.2.2.1 Introducere

Modelele digitale altimetrice pot fi folosite pentru extragerea informației hidrologice. Informația hidrologică este formată din rețeaua de scurgere a apelor pluviale (rețeaua de drenare sau rețeaua de talveguri), liniile de despărțire a apelor etc. Această informație are o importanță deosebită în geomorfologie, în studiul reliefului terenului şi în modelarea reliefului, atât prin metodele cartografice clasice, cât mai ales prin metoda modelării cu ajutorul calculatorului electronic.

În ultimele două decenii au fost dezvoltate diferite metode, cu algoritmii corespunzători, pentru determinarea informației hidrologice, în special a rețelei de drenare, folosind MDA. Câteva din cele mai recente lucrări folosesc un algoritm neiterativ şi MDA de tip grilă. S-au dezvoltat şi algoritmi iterativi (Nițu,C., Nițu, C.D., 1997a). Toți algoritmii se bazează pe unele caracteristici hidrologice ale suprafeței (concavitate, convexitate, direcție de curgere etc.). Există câteva articole mai recente care propun soluții pentru calculul semiautomat sau automat al rețelei de drenare (Lammers şi Baud, 1990).

Algoritmii incluşi în sistemele ce prelucrează date de tip grilă realizează în mod uzual operațiuni asupra cotelor nodurilor vecine unui nod dat (nodurile putând fi asimilate pixelilor din structurile de date raster), pentru a analiza forma suprafeței detaliilor de relief; calculul pantei şi configurației suprafeței elementare dintre patru noduri vecine se poate face pentru fiecare asemenea element, utilizând 8 sau 24 noduri vecine (figura 5.16).

Presupunând că nodul curent (central) primeşte apa din precipitații, apa va curge în afara acestui nod numai spre unul din nodurile vecine. Direcția de (s)curgere constituie "aspectul" de la nodul central către nodul vecin care are ponderea maximă a cotei dintre

nodurile vecine, pondere care depinde de distanța dintre noduri. Toate celelalte informații hidrologice derivă de la informația privind direcția de (s)curgere.

Datele de bază pentru analiza hidrologică fundamentată pe structura de rețea de triunghiuri oarecare (TIN) implică determinarea parametrilor de orientare a fețelor triunghiulare, fiind foarte importante şi relațiile dintre triunghiurile vecine. O asemenea structură are două fişiere de date - un fişier de coordonate ale vârfurilor şi un fişier care defineşte topologia. În primul fişier sunt înregistrate pentru fiecare punct coordonatele x şi y şi cota, iar în cel de al doilea informația privind topologia pentru fiecare triunghi, inclusiv codurile celor trei vârfuri şi legăturile cu cele trei triunghiuri vecine. Pentru o zonă dată, numărul triunghiurilor este foarte mare.

Conexarea triunghiurilor într-o rețea contiguă se face pe baza laturilor comune. Fiecare triunghi este o fațetă plană căreia i se pot determina parametrii de orientare spațială pe baza celor trei vârfuri, respectiv panta şi aspectul (direcția pantei). Orientarea fațetei este

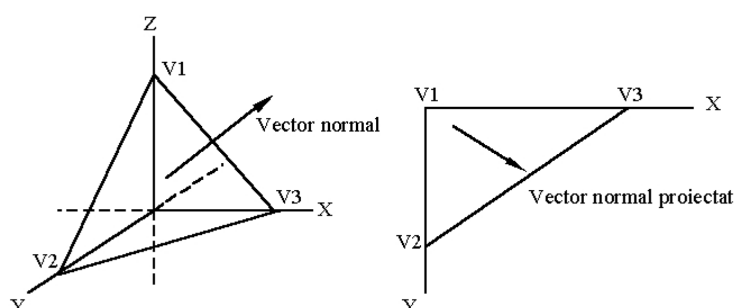


Fig. 5.17 Orientarea triunghiului

arătată în figura 5.17. Direcția de curgere a apei pe suprafața fațetei triunghiulare este determinată de panta maximă, respectiv poziția spațială a triunghiului.

Din figura 5.17, vectorul normal al triunghiului poate fi calculat din coordonatele celor trei vârfuri. Proiecția acestui vector pe planul xoy defineşte direcția de pantă maximă, respectiv direcția de curgere a apei pe fațeta triunghiului.

Componentele de pe axele x şi y ale vectorului proiectat sunt folosite pentru a găsi linia de curgere (figura 5.18).

Pe baza direcției de curgere se poate determina situația (starea) triunghiului privind curgerea. Pentru o fațetă înclinată (panta direcției de curgere diferită de zero) există două situații posibile privind modul de curgere față de laturile triunghiului. Pentru fiecare latură apa poate "intra" sau "ieşi" în/din triunghi (săgețile din figurile 5.19 şi 5.20).

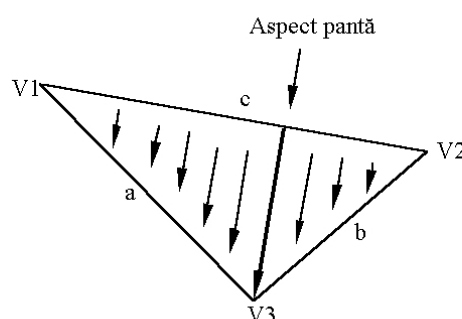


Fig. 5. 18 Traseul de curgere pe fațeta triunghiului

Cele două situații sunt următoarele: (1) apa intră prin două laturi şi iese printr-o latură (figura 5.14); (2) apa intră printr-o latură şi iese prin două laturi (figura 5.15).

Cu direcția de curgere şi cu poziția triunghiului poate fi determinat traseul de curgere. Din aceste direcții de curgere pot fi determinate talvegurile (liniile de curgere a şuvoaielor) şi liniile de despărțire a apelor.

Una din cele mai dificile probleme implicate în dezvoltarea unui model hidrologic, dat de liniile de mai sus, plecând de la structura de tip TIN, este legarea din punct de vedere hidrologic a fațetelor individuale. O metodă analizează latura comună a două triunghiuri vecine. Dacă latura comună are starea de ieşire a apei în ambele triunghiuri este clasificată ca un segment al talvegului (figura 5.21), iar dacă are starea de intrare este clasificată ca segment al unei linii de creastă (de despărțire a apelor, figura 5.22). O a treia situație are loc când apa curge de la o fațetă la alta (Nițu, C., Nițu, C.D., 1997a).

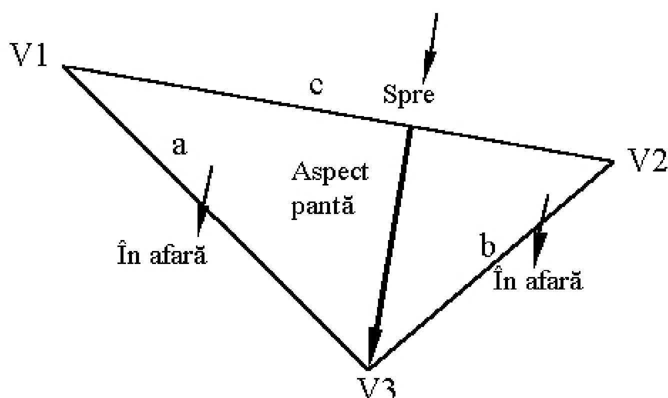


Fig. 5. 19 Curgerea spre o latură şi curgerea în afară prin două laturi

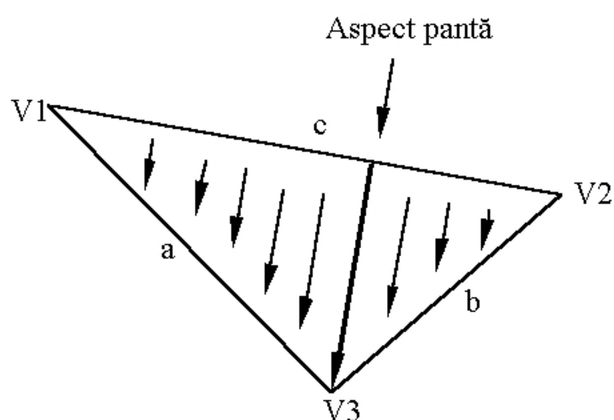


Fig. 5. 20 Scurgerea din afară spre două laturi şi în afară printr-o latură

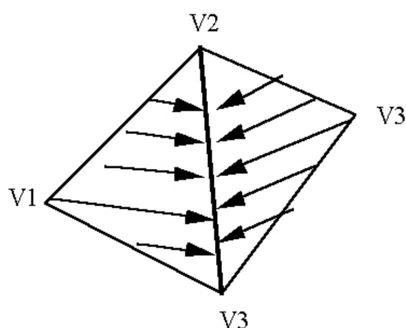


Fig. 5. 21 Segment de talveg

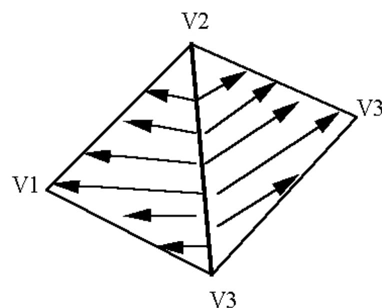


Fig. 5.22 Segment de linie de creastă

Metoda de mai sus poate fi aplicată şi pentru date de tip grilă. Se vor descrie o nouă metodă care utilizează o nouă structură de date, structura Voronoi, care constă într-un graf dual al grafului corespunzător TIN (triangulaţia Delaunay) şi o metodă bazată pe date de tip grilă.

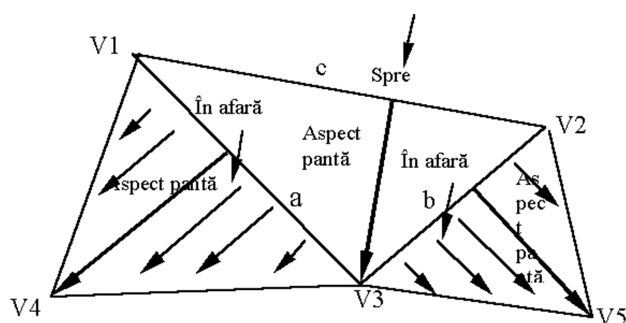


Fig. 5. 23 Curgerea pe faţete

5.2.2.2 Situaţia existentă

Algoritmul bazat pe structura de date de tip grilă pentru extragerea informaţiei hidrologice funcţionează corect, exceptând faptul că se consumă un mare timp CPU (inclusiv pentru interpolarea cotelor în punctele grilei şi procesarea acestor date) şi are nevoie de un spaţiu mare de memorare. Pentru a trece la un SIG bazat pe obiecte, este necesară conversia din nou a datelor, de la datele de tip grilă la date vectoriale. În structura de tip grilă, pentru fiecare nod există numai opt noduri vecine ce se iau în consideraţie, deci doar opt direcţii de curgere, ceea ce este o aproximare a realităţii. Precizia informaţiei hidrologice extrase depinde deci de rezoluţie. În structura de date TIN, regulile pentru obţinerea reţelei de talveguri, aşa cum s-a arătat mai sus, se bazează pe analiza poziţiei direcţiei de curgere faţă de latura comună a două triunghiuri vecine. Prin folosirea acestor reguli, există două probleme de analiză care trebuie rezolvate. Una este posibila discontinuitate a segmentelor de talveg şi alta este ambiguitatea clasificării liniilor de creastă, probleme ce s-au întâlnit şi în studiile noastre. Deoarece un segment de talveg este marcat dacă şi numai dacă aceeaşi latură a celor două triunghiuri este marcată cu indicatorul de curgere în afară în ambele triunghiuri. Dar în unele situaţii talvegul va fi întrerupt în unele vârfuri datorită definirii direcţiei torentului (şuvoiului). În figura 5. 23 se arată situaţia când un triunghi ce are o latură cu direcţii de ieşire ale laturii comune; la o clasificare a liniilor individuale de despărţire a apelor, se poate ca triunghiul să aparţină la două linii. Acest fapt nu afectează doar triunghiul respectiv, ci şi toate triunghiurile din amontele talvegului. Uneori este foarte greu, dacă nu imposibil, să se extragă liniile de despărţire a apelor.

În cele ce urmează se va prezenta un nou algoritm, bazat pe structura de date Voronoi. Algoritmul combină avantajele structurilor de date de tip grilă şi TIN cu înlăturarea neajunsurilor arătate mai sus.

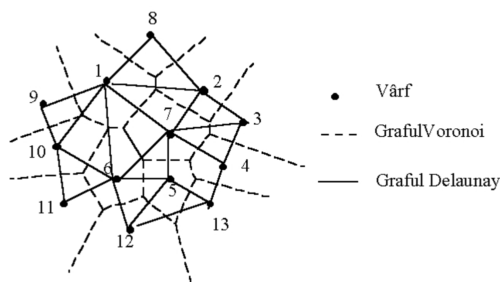


Fig. 5. 24 Triangulaţia Delaunay şi graful Voronoi

5.2.2.3 Metoda bazată pe structura de date Voronoi

5.2.2.3.1 Structura de date Voronoi

Pentru a crea structura TIN din punctele singulare care au coordonate şi cote, sunt multe căi de realizare. În cazul folosirii triangulării Delaunay, se obţine o reţea unică de triunghiuri. Graful Voronoi este graful dual al triangulaţiei Delaunay (figura 5. 24). Cele două structuri pot fi uşor transformate una în alta. Graful Voronoi este compus din mai multe regiuni. Fiecare regiune conţine un vârf sau punct cu coordonate şi cotă cunoscute. O caracteristică a regiunii sau celulei Voronoi este că orice punct ce aparţine regiunii este mai apropiat de vârful conţinut în regiune decât faţă de celelalte vârfuri. Folosind această structură de date, vârfurile vecine unui vârf dat pot fi definite şi determinate uşor pe baza relaţiilor topologice. Vârfurile vecine unui vârf dat sunt acelea care formează un segment al frontierei regiunii Voronoi a vârfului. Pentru o mulţime oarecare de puncte vârfurile vecine sunt fixe pentru fiecare punct din punctele date.

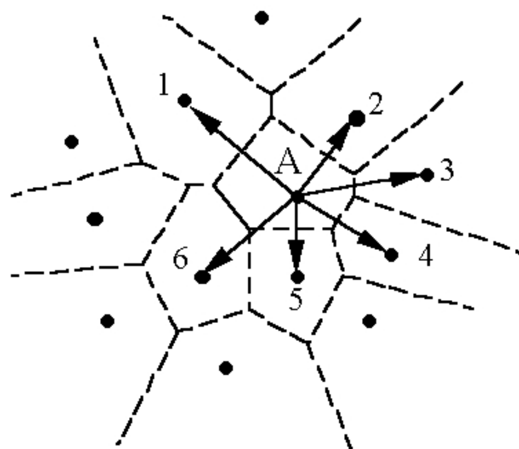


Fig. nr. 5. 25 Vecinii în structura Voronoi şi traseele posibile de curgere

5.2.2.3.2 Modelul bazat pe structura Voronoi de date

Folosind un graf Voronoi, o suprafaţă topografică este împărţită în celule sau regiuni, fiecare celulă conţinând un punct cu coordonate şi cotă, denumit de noi vârf (putând apoi sâ fie un vârf al unui contur poligonal).

Se poate considera suprafaţa ca acoperită teseral, dar cu celule (plăci) de formă oarecare (cu contur poligonal de formă oarecare). Se consideră cota vârfului interior celulei drept cotă a celulei (plăcii), deci plăcile vor fi mai ridicate şi mai coborâte. Paralelipipedul cu

baza superioară, această placă poate fi considerată ca un rezervor plin cu apă care are un singur orificiu de ieşire către alt rezervor cu cota de pondere maximă calculată din distanță, în comparație cu punctele vecine.

Cu toate vârfurile de presiune diferită îndepartate, apa curge de la rezervorul mai înalt către rezervorul mai puțin înalt, rezervor cu rezervor, până la rezervorul de la latura ariei studiate.

Traseele de scurgere, de la rezervor la rezervor, formează rețeaua de curgere, deci rețeaua de talveguri. Similar analizei hidrologice folosind structuri de date de tip grilă, poate fi definită şi determinată direcția de curgere a fiecărui vârf pe baza relațiilor de vecinătate.

Apa ce cade pe o celulă Voronoi poate curge doar într-o direcție, care este spre punctul cel mai de jos dintre vârfurile vecine. Matematic, punctul de pe direcția de scurgere se determină cu formula:

$$\text{punct_pe_direcția_de_curs} = \text{punct_cu_max}\ ((H_i - H_j)/D(i,j)) \quad (5.4)$$

unde: i indicele vârfului central curent; j indicele vârfului vecin; *H* este cota vârfului;

D(i, j) este distanța în planul xoy între vârful central curent i și vârful vecin j.

Deoarece direcția de curgere este de la un vârf numai către unul din vârfurile vecine, rețeaua de curgere este conectată (cu toate talvegurile conectate). De asemenea acel nod aparține unui singur talveg. Metoda este similară celei a algoritmului pentru date de tip grilă. Pentru datele de tip grilă, un nod are 8 noduri vecine. Apa ce cade într-un nod poate curge doar spre unul din nodurile vecine, cel cu cota mai mică. Diferența dintre structura de date de tip grilă și structura Voronoi este că în primul caz sunt 8 puncte vecine (8 direcții posibile), pe când în al doilea caz apa poate curge teoretic în orice direcție, Pentru fiecare vârf sau celulă Voronoi direcția de curgere este determinată de dispunerea punctelor în spațiu. Metoda înlătură inadvertențele cauzate de structura de date TIN. În primul rând, deoarece fiecare vârf este conectat la alt vârf al domeniului, nu există întreruperi ale liniilor ce urmează a se determina. În al doilea rând, domeniul de definiție al datelor este compus din mai multe celule Voronoi şi fiecare celulă este reprezentată de vârful din interiorul acesteia. Când este clasificată ca obiect o linie particulară, prin unicitatea traseului de curgere de la un vârf la altul, o celulă Voronoi aparține în mod unic doar unui obiect linie de talveg.

Această metodă constituie analiza grafului sau rețelei formată de aceste vârfuri. Apa curge prin rețea respectând "drumul cu costuri minime" prin comparare locală. Traseele de curgere formează rețeaua de talveguri.

5.2.2.3.3 Informații privind schema de acumulare

Cu direcțiile de curgere determinate, fiecare vârf are un pointer care face legătura spre alt vârf, cu excepția unor vârfuri de pe marginea (frontiera) zonei. Direcția de la vârf la vârful punctat prin pointer (adresă în lista punctelor) este direcția de curgere a vârfului. Ca atare, vârful punctat primește torentul de apă de la vârf, existând două variabile cu informația privind acumularea: (1) informația privind acumularea vârfului (în vârf), fiecare vârf având o listă a indicilor vârfurilor de la care și prin care apa curge spre vârful respectiv, adică vârfurile din lista corespunzătoare unui vârf sunt toate vârfuri în amonte dacă două sau mai multe vârfuri au direcții de curgere spre același vârf, constatând că cu cât e mai lungă lista, cu atât lipsește vârful în zona de studiu și invers; (2) informația privind acumularea zonei, deoarece în graful Voronoi, fiecare vârf ocupând aceiași arie, din lista vârfurilor putând fi calculată

aria, ceea ce înseamnă în mod similar că cu cât e mai mare aria, cu atât lipseşte vârful în zona de studiu și invers.

Vârful și informația privind schema de acumulare sunt datele de bază pregătite pentru rețeaua de (s)curgere și pentru extragerea informației referitoare la un talveg individual.

Extragerea rețelei de (s)curgere şi evidențierea liniilor individuale de creastă

(1) Extragerea rețelei de curgere

În orice zonă de studiu, din fiecare vârf apa curge spre alt vârf. Conectarea dintre cele două vârfuri în planul xoy este un segment al talvegului. De aceea, cu informația de acumulare a vârfului, poate fi determinată informația talvegului. Toate segmentele ce conectează secvențial două vârfuri în lista de vârfuri sunt segmentele din amonte ale vârfului. Există trei moduri de determinare a rețelei de scurgere: (a) numărul de vârfuri din amonte; (b) aria zonei cu vârfuri din amonte; (c) lungimea totală a talvegului din amonte.

(2) Schițarea liniilor marginale ale subbazinelor

Prin convenție, numim subbazin un bazin din care îşi culege apele un talveg dat şi eventual şi talvegurile afluente ale acestuia. Subbazinul aparține unui bazin. Dacă există informația referitoare la acumularea zonei pentru fiecare vârf, este uşor să se determine (să se schițeze) liniile marginale ale subbazinelor, aceste linii fiind linii de creastă (linii de despărțire a apelor). Deoarece fiecare celulă sare doar o direcție de curgere, aceasta poate fi clasificată în mod unic ca aparținând numai unuia dintre subbazine. Mai întâi este identificată celula care nu are pointer de curgere către nici un vârf, care, de regulă, este pe frontiera zonei. În al doilea rând, se determină celula vecină din amonte, pe direcția de curgere, apoi în acelaşi mod toate celulele ce au direcție de curgere către celula respectivă şi zona acoperită de aceste celule Voronoi formează o linie marginală individuală. Aria specifică unei linii particulare se obține prin însumarea ariilor celulelor implicate. Dacă aria liniei din amonte este prea mică (sub o toleranță dată), linia este ignorată, în caz contrar este înregistrată. Frontiera unei linii particulare, de fapt a celulelor ce contribuie la aceasta, este frontiera tuturor acestor celule concatenate (unite). Frontiera unei subbazin se obține ca frontieră a zonelor concatenate ale subbazinelor componente.

5.2.2.3.5 Proceduri pentru extragerea informației hidrologice

Procedura generală poate avea următorii paşi:

Se *crează MDA Voronoi* pentru zona dată, fie direct din punctele cotate singulare, fie prin transformarea datelor din structura triangulată Delaunay.

Regularizarea MDA, dacă este necesar, printr-o metodă adecvată (de exemplu prin transformare polinomială), pentru înlăturarea zgomotului, în caz contrar, prezența erorilor sistematice sau aleatoare duce la scăderea calității informației extrase.

Umplerea vârfurilor din depresiuni (găvane). Un vârf în depresiune este poziția în care un vârf are cota cea mai mică față de toate vârfurile vecine. Umplerea face ca apa să curgă în afara triunghiului prin laturi. Algoritmul de umplere constă în: găsirea vârfurilor vecine unui vârf dat, astfel ca punctele vecine să formeze un poligon convex; sortarea punctelor vecine după valoarea cotei; compararea cotei punctului cu cotele punctelor vecine şi ignorarea cotei dacă nu este inferioară acestora; dacă este un punct de depresiune, cota este comparată cu penultima valoare dintre valorile cotelor ordonate în ordine descrescătoare; dacă punctul cu penultima valoare nu are un traseu de curgere, cota sa este înlocuită cu valoarea cotei punctului, nu este marcat un traseu de curgere. Acest proces poate fi folosit pentru

fiecare punct în depresiune şi repetat până când toate punctele au un traseu de curgere spre frontiera zonei studiate.

După umplerea tuturor depresiunilor, *se calculează direcţia de curgere* pentru fiecare vârf din MDA, folosind relaţia (5.4).

Acumularea fluxului

Se calculează informaţia schemei de acumulare pentru fiecare vârf din informaţia direcţiilor de curgere. Această imformaţie privind acumularea cuprinde numărul total de vârfuri cu direcţia de curgere spre acest vârf, lungimea totală a traseului din amonte, aria totală a vârfurilor traseului. Vârfurile din amonte vor recepţiona fluxul de la mai puţine puncte (vârfuri), pe când cele din aval fluxul de la mai multe puncte.

Extragerea informaţiei referitoare la bazinul de acumulare

Se extrage informaţia referitoare la bazinul de acumulare. Bazinul de acumulare se poate determina prin aria minimă a bazinului sau prin numărul minim al vârfurilor care formează bazinul. Sunt extrase apoi identificatorul bazinului, aria şi perimetrul bazinului, care satisfac cerinţele impuse.

Extragerea informaţiei referitoare la talveg

Procesul de extragere a informaţiei referitoare la talveg este asemănător celui de extragere a informaţiei referitoare la bazinul de acumulare. Dar de această dată se identifică laturile triunghiurilor care formează reţeaua de talveguri, folosind lungimea minimă a traseului sau numărul minim al vârfurilor traseului. Cu cât e mai mică lungimea traseului talvegului sau cu cât e mai mic numărul de puncte, cu atât este mai detaliată reţeaua de talveguri. Într-un caz extrem, când e folosit numărul de vârfuri, sunt extrase toate segmentele talvegului.

5.2.2.4 Metoda bazată pe structura de date de tip grilă

5.2.2.4.1 Structura de date de tip grilă

Structura de date de tip grilă sau reţea constă din noduri, intersecţii ale laturilor reţelei, de regulă la distanţe egale pe cele două axe de coordonate, în care sunt date valori ale unei mărimi sau variabile ale unei funcţii $z = f(x,y)$. Se adoptă, de regulă, forma de patrat pentru figura geometrică a patru noduri vecine. Deoarece structura se aseamănă ca principiu structurii teserale, mulţi algoritmi pot fi folosiţi pentru ambele tipuri de date. Metoda care se descrie foloseşte date de tip grilă, alegerea uneia din cele două metode propuse fiind dependentă de mai mulţi factori, ca: existenţa datelor stocate într-o anumită structură; existenţa programelor de bază pentru transformarea unei structuri în alta; tipul de calculator disponibil şi memoria internă etc.

Pe baza structurii de tip grilă se pot determina curbele de nivel, dacă acestea nu există, deoarece algoritmul prezentat lucrează în acelaşi timp şi cu datele de tip grilă şi cu valorile curbelor de nivel.

5.2.2.4.2 Extragerea traseului de scurgere prin scheletizarea multinivel

Algoritmul principal al metodei extrage traseul talvegurilor printr-un proces de scheletizare continuă a nodurilor de înălţime constantă (aflate pe aceiaşi curbă de nivel). Acest proces este partea principală a algoritmului şi se aplică în orice condiţii, cu excepţia unor nedeterminări în situaţii speciale care se vor rezolva cu un algoritm suplimentar de numerotare.

Algoritmul de scheletizare multinivel (SMN) este generalizarea algoritmului de scheletizare aplicat imaginilor (datelor teserale), extrapolat la structura grilă a MDA combinată cu valorile de pe curbele de nivel. Prelucrarea începe de la cota de valoare maximă din domeniul de definiție. Există un număr de suprafețe de nivel, numărul acestora depinzând de rezoluția altimetrică a datelor MDA. Exploatarea se face nivel cu nivel, de la nivelul superior către nivelul inferior. Valoarea cotei nodului prelucrat sau procesat se înlocuieşte cu valoarea variabilei **Fundal** (o valoare minimă, de exemplu zero pentru zone înalte sau o valoare negativâ minimă, noi optând pentru zero). Ca un prim pas, toate valorile maxime locale sunt înlocuite cu valoarea **Fundal,** astfel că procesarea începe la limita de sub maximul local. Iterativ, pentru toate cotele, de la **Cota_Maxima** la **Cota_Minima,** algoritmul testează curbura de-a lungul curbei de nivel, folosind condiții simple de distribuție a nodurilor **Fundal**

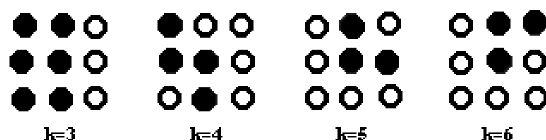


Fig. 5.26. Valori posibile pentru $\mathbf{k_t}$

din vecinătatea 3X3 a fiecărui nod baleiat. Criteriul analizei curburii izohipsei se exprimă ca o condiție a existenței unui număr mai mare de noduri cu **Cota_Mai_Mare** în imediata vecinătate a nodului ce aparține izohipsei procesate. Valoarea de prag $\mathbf{k_t}$ poate fi între 3 şi 6 (figura 5. 26). Rețelele de drenare cu detaliere diferită sunt extrase în funcție de acest parametru.

Domeniul este explorat izohipsă cu izohipsă, de sus în jos, din amonte spre

Alt tip de criteriu pentru decizia dacă un punct devine nod al traseului de curgere se referă la conectivitatea traseului de curgere. Prin condiția logică **OR** un nod poate fi pe traseul de curgere chiar dacă numărul vecinilor săi cu valoarea cotei egală cu **Fundal** este mai mic decât $\mathbf{k_t}$. Prin condiția de conectivitate se verifică deci contorizând numărul de vecini cu cota **Fundal** dacă un punct este nod.

Fie o vecinătate de 3X3 noduri:

$$\begin{array}{lll} b_3 & b_2 & b_1 \\ b_4 & a & b_0 \quad (\text{setare } b_0 = b_8) \\ b_5 & b_6 & b_7 \end{array} \tag{5.5}$$

Se defineşte numărul de conectări la 4 vecini cu formula:

$$\phi_4 = \Sigma_k f_k \quad k=0,2,4,6 \tag{5.6}$$

$$f_k = \begin{cases} 1, \text{ dacă } b_k \neq \textbf{Fundal} \\ 0, \text{ dacă } b_k = \textbf{Fundal} \end{cases}$$

Numărul de încrucişări într-o vecinătate octală este

$$v_8 = \Sigma_k h_k \quad k=0,2,4,6 \tag{5.7}$$

cu $h_k=1$, dacă (b_k= **Fundal**)$\wedge$((b_{k+1} **≠Fundal**)$\vee$(b_{k+2} **≠Fundal**))
Şi aici apare noțiunea de depresiune cu semnificația arătată. O depresiune poate conține noduri care aparțin câtorva planuri de nivel diferite.

5.2.2.4.2.1 Algoritmul de scheletizare multinivel cu 8 conexiuni

Paşii principali ai algoritmului sunt următorii (Nițu, C., Nițu, C.D., 1997a):

Initialize **HF(i,j)** and **HC(i,j)** cu valorile extrase din **MDA**
Forall **COTA** from **COTA_MAX** to **COTA_MIN** do
Set **COTA** mai mare decât **COTA_CURENTA** la valoarea **COTA_CURENTA**
Repeat
♦ Forall **COTA(i,j)** de **COTA_CURENTA** do
if **COTA(i,j)** este pe frontieră and
if **CONVEXITATE** este mai mare ca valoarea de prag $\mathbf{k_t}$ and
if **COTA(i,j)** nu este conectată la un traseu de talveg în **HF** and
if **COTA(i,j)** nu este conectată la un traseu de talveg în **HC**
then ataşază **COTA(i,j)** la un traseu de talveg în **HC**
else **HC(i,j) ::= FUNDAL**

♦ Actualizează **HF** şi **HC**
Until Nu mai există valori de înlocuit

Algoritmul de mai sus prelucrează valorile **HF** (harta finală) şi **HC** (harta curentă). Algoritmul funcționează în două etape. Prima etapă constă în extragerea punctelor traseelor după o condiție de curbură maximă a curbei de nivel rezultată din intersecția MDA de tip grilă cu planul de nivel cu valoarea cotei **COTA_CURENTA.** Etapa a doua utilizează condiția suplimentară de conectivitate şi leagă toate valorile la traseele cu valori deja determinate ale talvegurilor. Setarea valorilor din **HF** şi **HC** la valoarea **COTA_CURENTA** în pasul 2(A) al algoritmului consideră eliminarea deja făcută (analizare). Etapa a doua poate fi descrisă cu algoritmul de mai jos, utilizând aceleaşi structuri de date, acționând tot "de sus în jos", respectiv începând cu planul de nivel de cotă maximă. Toate punctele se supun uneia din cele două situații – fie valoarea cotei devine egală cu valoarea **FUNDAL,** fie aparțin traseelor de talveguri (devin noduri ale arborescenței talvegurilor). Din algoritm se va vedea necesitatea valorilor **HF** şi **HC.**

Initialize **HF(i,j)** and **HC(i,j)** cu valorile extrase din **MDA**
Atribuie toate valorile traseelor din prima etapă variabilei **TRASEE**
(3) Forall **COTA** from **COTA_MAX** to **COTA_MIN** do
Atribuie tuturor valorilor **COTA** mai mare decât **COTA_CURENTA** valoarea **COTA_CURENTA**
Repeat
♦ Forall **COTA(i,j)** de **COTA_CURENTA** do
if punctul curent este pe frontieră and
if punctul curent e conectat pe un traseu în **HF(i,j)** and
if punctul curent e conectat pe un traseu în **HC(i,j)** and
then lasă punctul curent intact în **HC**
else **HC(i,j) ::= FUNDAL**
♦ Actualizează **HF** şi **HC**
Until Nu mai există valori de înlocuit

După aplicarea etapei a doua rezultă segmente de talveguri. La toți algoritmii prezentați aici nu este necesară explicarea detaliată a variabilelor utilizate, datorită faptului că denumirile sugerează semnificația variabilelor. Se observă uşor că în denumirile variabilelor nu sunt prezente literele specifice limbii române (ă, â, î, ş, ţ), respectându-se notațiile folosite în codificarea programelor sursă.

5.2.2.4.2.2 Numerotarea punctelor traseelor

Segmentele traseelor de talveguri obținute mai sus prin algoritmul de scheletizare trebuie rearanjate într-o arborescență, printr-un algoritm adecvat. Traseele determinate pot conține bucle, ce trebuie eliminate. Scopul numerotării este şi eliminarea buclelor. O astfel de buclă se observă în figura 5.27. Rețeaua se poate urmări pe toate ramurile în paralel, începând explorarea tot pe planuri de nivel, începând cu planul de cotă minimă. Numerotarea începe pentru fiecare traseu de la nodul de capăt din aval (punctul de confluență), celălalt capăt al talvegului fiind un alt punct de confluență şi în final chiar frunza (în sensul teoriei grafurilor).

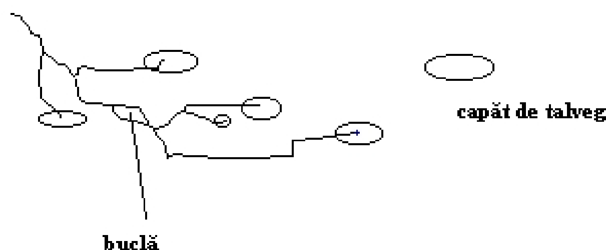


Fig. 5.27 Buclă şi început de talveg

Situațiile posibile pentru punctele de capăt sunt diferite (figura 5.28). Într-un punct de cotă maximă locală se poate termina un singur talveg (a) sau se pot termina trei talveguri (b). Pentru cazul (c) apare o buclă în locul unui punct de confluență a două talveguri, pentru cazul (d) un talveg se poate termina cu mult sub maximul local al cotei.

Bucla principală a algoritmului analizează iterativ cotele, de la **COTA_MINIMA** la **COTA_MAXIMA.** Pentru fiecare talveg numerotarea se face din aval spre amonte. Algoritmul de numerotare poate avea paşii următori:

Setează **MARCA** cu valoarea 1 (**MARCA**::=1)
Alege valorile cotelor din trasee egale cu **COTA_MINIMA** ce satisfac una din condițiile:
punctul este pe frontiera zonei
punctul are 3 sau mai multe puncte vecine de aceiaşi cotă
şi denumeşte-le **PUNCT_DE_CAPAT**
Atribuie numărul 1 tuturor punctelor **PUNCT_DE_CAPAT**
Forall **COTA_CURENTA** from **COTA_MINIMA+1** to **COTA_MAXIMA** do

♦ forall puncte *nenumerotate* de cotă **COTA_CURENTA** do
    if punctul are un punct vecin numerotat cu **n** and **MARCA=n**
    then numerotează-l cu **n+1** and **MARCA::=n+1**
    else if punctul are un vecin cu cota **FUNDAL**
    then numerotează acest punct cu valoarea **MARCA**
    Until nu mai există puncte *nenumerotate* de cotă **COTA_CURENTA**

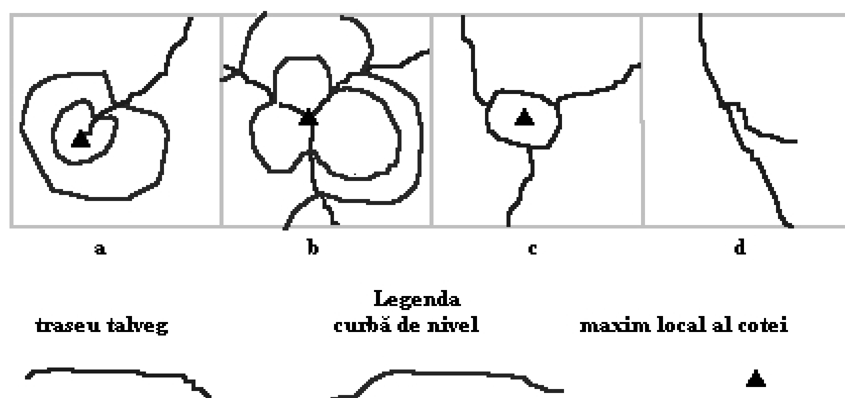


Fig. 5.28. Cazurile posibile ale primului nod al unui talveg

Procesul de numerotare a punctelor poate fi urmat şi de alte procesări pentru rearanjarea structurii datelor, în funcție de scopurile urmărite.

5.2.2.4.2.3 Prelucrarea traseului cu puncte numerotate

Pentru eliminarea buclelor şi a altor inadvertențe se aplică o nouă prelucrare . Procedura foloseşte un şir simplu de aşteptare care conține toate nodurile ce au fost extrase ca segmente de talveguri în prima etapă de aplicare a algoritmului SMN. Pentru eliminarea buclelor se folosesc şirul şi traseul cu puncte numerotate obținut ca mai sus. Eliminarea buclelor se face neiterativ, respectiv printr-o singură trecere.

Paşii algoritmului sunt următorii:

Extrage **NOD_CURENT** din **ŞIR**
<u>If</u> **NOD_CURENT** nu este în **TRASEU_FINAL_TALVEG (TFT)** <u>then</u>
<u>Insert</u> **NOD_CURENT** în **TFT**
<u>Insert</u> în **TFT** toate nodurile numerotate din **NOD_CURENT,** în *ordine descrescătoare*

Rezultatul final este rețeaua de drenare fără bucle, aşa cum se vede în figura 5.29 Rețeaua nu conține bucle.

5.2.2.5. Concluzii

Extragerea rețelei de drenare sau a rețelei de talveguri este o problemă importantă atât în etapa de culegere şi validare a datelor, cât şi în etapa de prezentare a unor produse finale ale SIG. Extragerea se bazează pe următoarele considerente hidrologice:
-traseele de scurgere încep lângă creste, trecând prin punctele de curbură mare a izohipselor;
-traseele coboară continuu până când este îndeplinită una din condițiile:

- traseul întâlneşte un alt traseu;
- traseul ajunge la frontiera domeniului;
- traseul ajunge la un areal acvatic delimitat;
- traseul urmează direcția de pantă maximă în fiecare punct etc.

Metodele propuse și algoritmii bazați pe MDA cu structură Voronoi sau cu structură de tip grilă sunt folosite cu succes la extragerea automată a informației hidrologice în mediul bazat pe obiecte. Un obiect în cazul de față este un traseu particular de talveg situat între două puncte (noduri) succesive de confluență. Totalitatea obiectelor **TALVEG** dintr-o zonă dată

formează rețeaua de drenare sau rețeaua de talveguri (prin luarea în considerație a relațiilor topologice dintre obiecte) Aceasta poate fi apoi uşor folosită pentru extragerea informației referitoare la talveguri şi la liniile de creastă, respectiv la delimitarea bazinelor şi subbazinelor.

O folosire interesantă a procedurilor este la corelarea reliefului cu rețeaua hidrografică la racordarea, concatenarea etc. a obiectelor aparținând straturilor de obiecte topografice şi tematice diferite, cu aplicabilitate mare şi în cartografia asistată de calculator.

Utilizarea metodei bazate pe structura Voronoi înlătură problemele cauzate în cazul folosirii grafului dual al structurii TIN pentru a rezolva aceiaşi problemă, utilizată uneori în analiza terenului. Metoda de calcul este eficientă, deoarece se bazează pe date vectoriale (coordonate ale punctelor) şi pe relațiile spațiale ale acestora

Totuşi metoda bazată pe structura Voronoi are şi unele neajunsuri. Metoda necesită o densitate mare a punctelor, coordonatele şi cotele fiind determinate de exemplu prin exploatare fotogrammetrică a stereogramelor digitale. O orientare absolută de mare precizie asigură extragerea corectă a traseelor talvegurilor şi ale liniilor de creastă şi prin folosirea

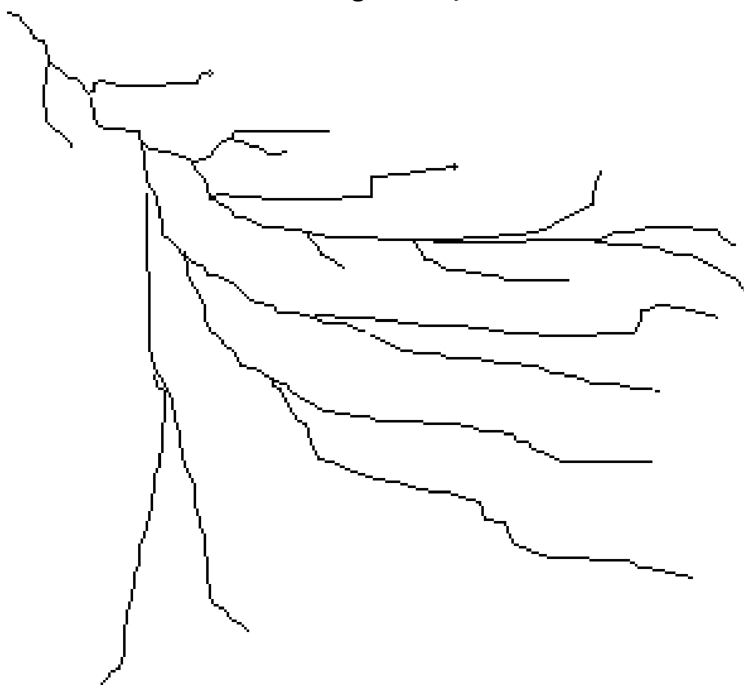


Fig. 5.29 Rețeaua de drenare rezultată după metoda SMN

structurii TIN a MDA. Pentru scări mai mici, ambele metode prezentate se folosesc în egală măsură, ducând la rezultate similare. Pare că este mai uşor de folosit metoda bazată pe structuri de tip grilă, deoarece toate pachetele de programe SIG se bazează în special pe aceste structuri. Nu toate pachetele de programe SIG dispun de procedurile de determinare şi gestionare a structurilor bazate pe graful dual al structurii de tip TIN, ceea ce crează probleme la utilizarea primei metode prezentate, cu toate că e recomandabilă pentru scări foarte mari, mai ales pentru reprezentarea microreliefului. Această metodă poate avea succes foarte mare în proiectarea amenajării mediului, în special la lucrările de desecare, înlăturare a băltirilor etc. Cercetările noastre ulterioare vor definitiva problemele de selecție a uneia din structuri în funcție de finalitatea acțiunii utilizatorului.

5.2.3 Reprezentarea plană a variabilelor prin umbre

Variabilele de orice tip *z=f(x,y)* se pot reprezenta în plan prin izolinii. Uneori este necesară şi reprezentarea prin umbre, nu numai pentru cazul reprezentării reliefului. Reprezentarea prin umbre poate fi făcută plecând de la una din structurile de reprezentare a variabilei *z* – reţea neregulată sau regulată de puncte sau izolinii.

5.2.3.1 Soluţii de vizualizare

Metodele de reprezentare şi vizualizare a variabilelor z se bazează pe simularea luminii şi umbrelor. Un rol deosebit îl au aici direcţia de iluminare cu o sursă artificială, panta variabilei *z* pe direcţia de iluminare, unghiul de incidenţă al razei cu elementul iluminat etc. În funcţie de cele de mai sus, i se atribuie elementului iluminat o valoare de gri la reprezentarea în plan. Modelul de simulare se bazează pe o singură sursă aflată la o distanţă foarte mare (teoretic la infinit) şi pe faptul că suprafaţa iluminată nu reflectă energia luminoasă.

5.2.3.2 Dezvoltarea modelului de profile

Metoda se bazează pe calcularea profilelor pe o direcţie dată (intersecţia fascicolelor de planuri verticale paralele cu planul ce trece prin sursă cu planul orizontal al reprezentării), aşa cum se arată în figura 5.30a. Pentru o reconstrucţie optimă a imaginii, distanţa dintre profile trebuie să fie cât mai mică. Profilele rezultă deci printr-o baleiere sau scanare, rezultând segmente cărora li se atribuie anumite valori de gri dacă reprezentarea se face pe ecran sau la un fotoploter sau o anumită grosime când reprezentarea se face la ploterele vectoriale sau chiar la fotoplotere sau pe ecrane.

Orientarea profilelor şi distanţa dintre profile oferă avantajul discretizării traseului prin segmente ale căror proiecţii pe planul reprezentării se reduc la o variabilă simplă, cu o

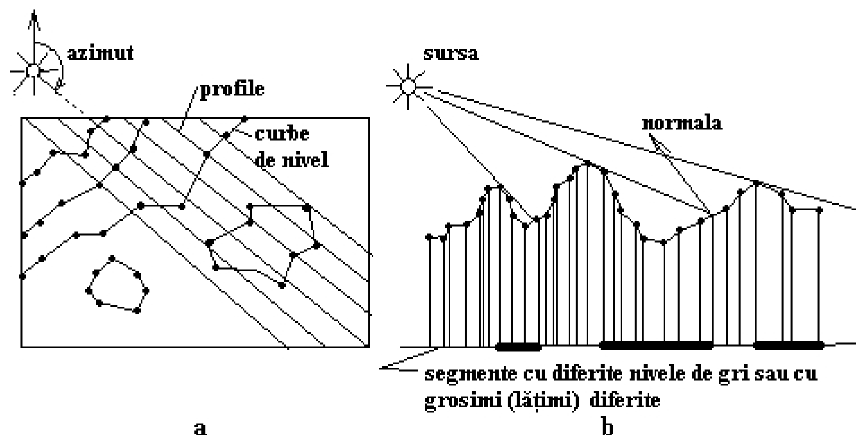


Fig. 5.30. Principiul reprezentării prin haşurare

anumită lungime, o lăţime egală, de regulă, cu distanţa dintre profile şi cu o anumită densitate optică (valoare de gri). Reducerea la această variabilă simplă reduce timpul de calcul şi măreşte viteza de reprezentare. Valoarea de gri depinde de lumina difuzată de elementul de suprafaţă redus la un segment (figura 5.31). Pentru o suprafaţă lambertiană (perfect difuză), conform figurii 5.31 rezultă radianţa:

$$R = I \sin \alpha \tag{5.8}$$

unde *I* este intensitatea luminoasă a razei, iar α este unghiul de incidenţă.

Dacă suprafața este lucioasă (nu absoarbe complet lumina), ar trebui inclusă o componentă de reflexie. Empiric se poate stabili un coeficient n de reflexie, care ar varia de la 1 (pentru suprafețe perfect absorbante), până la 100 (pentru suprafețe complet reflectante – oglinda). Dacă o suprafață elementară are un coeficient de refracție k_d şi un coeficient de reflexie k_s, atunci radianța *R* este

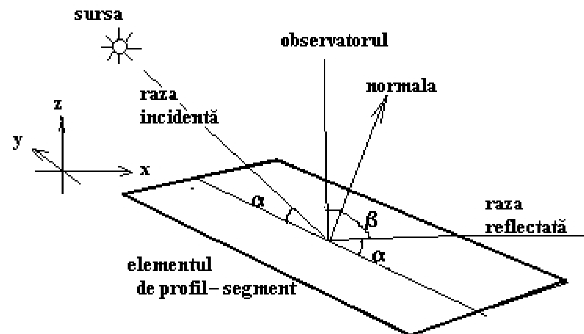


Fig. 5. 31. Iluminarea unui segment de profil

$$R=I(k_d sin\alpha+k_s cos^n\alpha) \qquad (5.9)$$

Soluția de mai sus, cu folosirea izoliniilor, are avantajul că lungimea unui segment este egală cu distanța în plan dintre două izolinii vecine, pe de o parte, dar şi reducerea datelor prelucrate, pe de altă parte. O singură inadvertență are soluția adoptată, respectiv considerația că normalele la toate elementele unui profil sunt în acelaşi plan, ceea ce nu este adevărat, dar se pot interpola şi direcțiile normalelor între două profile vecine. (în acest caz algoritmul se complică puțin). O soluție a găsirii gradienților Q pe două axe de coordonate simplifică mult problema determinării direcției reale a normalei la un element de suprafață.

5.2.3.3 Umbrirea compus – color

Din experimentarea cu poziții diferite ale sursei de lumină s-a născut ideea utilizării unui algoritm pentru reprezentarea umbrelor cu nuanțe de culori. Rezultatele sunt neaşteptate chiar pentru umbrele cu nuanțe de gri şi cu diferite combinații ale poziției sursei şi a azimutului profilului. Simularea combinării surselor de lumină în poziții diferite pare să fie o soluție pentru îmbunătățirea modelării.

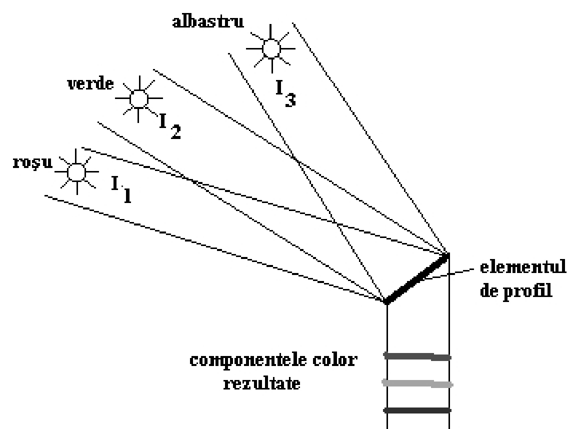


Fig. 5.32 Principiul generării celor trei culori

Pentru generarea umbrelor color se aleg poziții diferite pentru trei surse ce imită culorile de bază roşu, verde şi albastru (RGB), pentru R folosindu-se relațiile:

$$R=R_1+R_2+R_3$$
$$R=I_1\sin\alpha_1+I_2\sin\alpha_2+I_3\sin\alpha_3 \qquad (5.10)$$

unde indicele corespunde celor trei surse de culori diferite (figura 5.32). Se pot alege pozițiile surselor în acelaşi cadran, dar, de regulă, nu pe direcțiile axelor de coordonate sau pe direcțiile laturilor hărții. Este bine ca sursa caldă (roşu) să fie mai către vest, iar cea rece (albastru) mai către nord. În acest mod se vor scoate în evidență suprafețele mai înclinate şi se va descrie mai bine întreaga structură (micro)topografică. Atunci când valorile celor trei culori sunt egale pentru un pixel, va rezulta un ton de gri, care de fapt va fi culoarea predominantă pentru imagine. Când cele trei valori diferă semnificativ ies în evidență variațiile locale ale pantei.

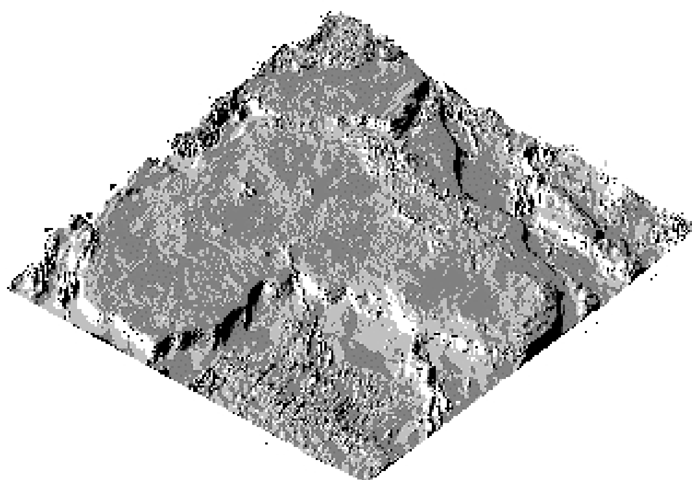


Fig. 3.33 Imaginea umbrelor suprapusă peste imaginea 3D în plan

În figura 5.33 este dată reprezentarea prin umbre a reliefului unei zone, suprapusă peste imaginea 3D a suprafaței.

În figura 3.34 este dată fereastra programului de generare a imaginii umbrelor.

În casetele ferestrei pot fi introduşi parametrii de umbrire, de exemplu denumirea fişierului de tip grilă, azimutul şi unghiul vertical al sursei de iluminare (inclusiv reprezentată grafic), metoda de umbrire etc.

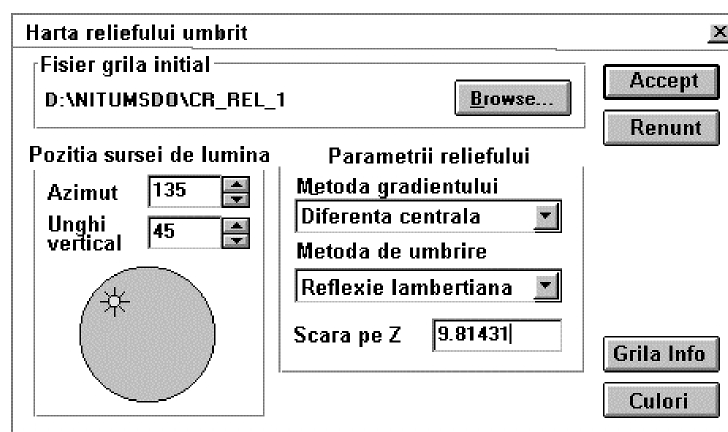


Fig. 5.34 Fereastra programului de generare a imaginii umbrelor

5.2.3.4 Concluzii

Metoda descrisă este utilă în etapa de analiză a datelor SIG. Metoda poate fi folosită pentru vizualizarea oricărei variabile $z=f(x,y)$ şi presupune memorarea punctelor izoliniilor, dar trecerea de la orice altă structură la structura utilizată este oricând posibilă. Considerarea faptului că elementul de suprafaţă (segment) de pe profil este caracterizat şi de refracţie şi de reflexie poate duce la combinaţii interesante pentru reprezentare, în cazul în care se ţine seama şi de caracteristicile obiectelor de suprafaţă care aparţin unui domeniu areal (ape, soluri de diferite tipuri, păduri, alte tipuri de vegetaţie etc.). La izolinii pot fi adăugate şi alte obiecte liniare ale zonei geografice. Asupra izoliniilor pot fi făcute unele modelări, ca de exemplu generalizarea traseului, anterior aplicării unor algoritmi de generare a umbrelor, în vederea scoaterii în evidenţă a diferitelor caracteristici ale variabilei *z*. În anexe este arătată şi reprezentarea grafică a hărţii în relief a ţării noastre, folosind ca date iniţiale datele de tip grilă (DTED), preluate prin reţeaua Internet, puse la dispoziţie de Agenţia Naţională de Cartografie şi Imagistică a S.U.A. (NIMA) cu algoritmul propus de autor.

5.3 Sistemele informaţionale geografice în cadastru

Datele şi documentele cadastrale definesc poziţia, extinderea geografică şi caracteristicile parcelelor, drepturile de proprietate, folosinţa terenului etc. De o importanţă deosebită sunt datele spaţiale ce definesc fiecare proprietate. Dreptul de proprietate este înscris în cartea funciară şi în alte documente. Pentru o zonă administrativă definită, de exemplu un sector, o localitate, un judeţ etc., datele cadastrale pot fi folosite la stabilirea impozitelor şi taxelor, la girarea pentru acordarea de credite de către bănci. Se ştie că impozitele şi taxele trebuie calculate echitabil, iar înştinţarea proprietarilor asupra sumelor datorate şi asupra termenelor de plată trebuie făcută în timp scurt şi cu documente imprimate automat. Impozitele şi taxele sunt strict necesare pentru asigurarea fondurilor necesare altor servicii gestionate de administraţiile locale. Hărţile cadastrale şi planurile parcelelor s-au întocmit prin metode clasice. Existenţa unui sistem informaţional geografic (SIG) permite realizarea automată a hărţilor şi planurilor cadastrale şi a altor documente cadastrale.

Folosind SIG, pot fi identificate toate parcelele cu aceleaşi coduri de folosinţă, cu arii cuprinse între anumite intervale specificate, dispuse pe terenuri de valori date ale pantei şi altitudinii etc. La proiectarea unei anumite facilităţi (clădire cu o destinaţie aleasă sau un element al infrastructurii) pot fi analizate uşor influenţele parcelelor vecine asupra amplasării acelei facilităţi. Pot fi identificate uşor parcelele omogene dintr-un anumit punct de vedere. Sunt uşurate totodată şi activităţile de management, folosind atât programe specifice acestei activităţi, cât şi programe specifice sistemelor informaţionale geografice. În funcţie de mărimea arealului geografic pentru care sunt definite şi stocate datele, pot fi utilizate reţele locale de calculatoare (LAN), reţele extinse (WAN) sau chiar reţeaua Internet. În figura 5.35 poate fi remarcată folosirea reţelei Internet.

În figură, denumirea Internet poate fi înlocuită cu un alt tip de reţea, iar denumirea ONCGC (Oficiul Naţional de Cadastru, Geodezie şi Cartografie) cu cea a instituţiei care gestionează baza de date.

Tehnologia Internet Map Server, cu toate că este consumatoare de resurse materiale şi financiare, permite atât o actualizare continuă a informaţiilor referitoare la parcele, cât şi extinderea domeniilor de aplicaţii ale SIG, în sectorul public şi în cel particular sau de grup. Pot fi create şi gestionate o bază de date a parcelelor, un sistem de interogare extinsă sau restrânsă a bazei de date, o linie tehnologică de realizare a hărţilor şi planurilor cadastrale, a

fişelor cadastrale etc. Baza de date cadastrală poate fi relaţionată cu bazele de date cadastrale ale zonelor vecine şi cu bazele de date create în cadrul aceleiaşi instituţii (de exemplu baza de date a populaţiei aceluiaşi areal geografic). Organizarea pe obiecte a bazei de date cadastrale constituie un avantaj.

Culegerea datelor cadastrale se face prin toate metodele cunoscute. Introducerea cărţii funciare în toate zonele ţării permite ca o dată cu înscrierea proprietăţilor în cartea funciară să se prevadă şi obligativitatea predării de către experţii autorizaţi a fişierelor cu datele ce definesc poziţia spaţială a parcelelor (obiectelor) cadastrale. Obiectele cadastrale pot fi structurate pe straturi. Componenta temporală trebuie avută de asemenea în vedere, fiind

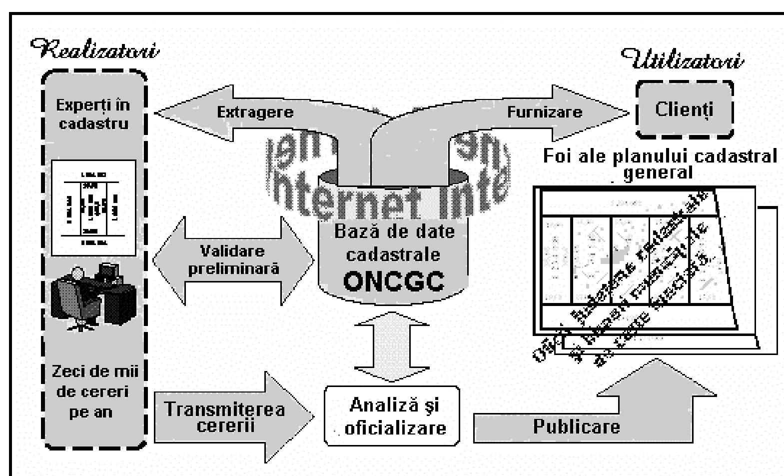


Fig. 5.35 Schema de principiu a realizării şi utilizării bazei de date cadastrale

păstrate toate datele ce sunt modificate la diferite momente de timp. Anumite date sintetice pot fi transferate altor baze de date spaţiale. Când arealul geografic are o întindere mai mare, datele bazei pot fi împărţite în fişiere care să fie gestionate cu un program bibliotecar (Librarian). Deoarece multe reprezentări grafice au fost realizate cu programe de tip CAD, programele care asigură SIG au prevăzută opţiunea de import al datelor în formatele specifice CAD (de exemplu formatul DXF).

5.3.1 Succesiunea realizării sistemului

Un SIG cadastral este realizat în mai multe etape. Prima dintre acestea este stabilirea denumirii sistemului, a funcţiilor şi a cerinţelor acestuia. Este de remarcat faptul că încă de la început trebuie să se definească precis limita domeniului geografic pentru care se culeg datele, să se inventarieze beneficiarii siguri şi posibili, să se solicite cerinţele acestora privind tipurile de date şi informaţii, precizia acestor date şi forma produselor care să conţină aceste date, rezoluţia şi precizia documentelor. De o importanţă mare este stabilirea sistemelor de referinţă pentru coordonatele de poziţie şi cote, precum şi unităţile de măsură pentru toate tipurile de date.

Pe baza cerinţelor de mai sus se estimează volumul total de date şi informaţii ale sistemului, numărul de servere de date şi locurile de amplasare, se aleg pachetele software optime care să se utilizeze la servere şi se stabilesc recomandările privind pachetele software care să se instaleze la utilizatori. Relaţia rezoluţie - precizie - volum de date este foarte complexă. De exemplu, pentru o foaie de hartă digitală corespunzătoare foii la scara 1:25.000, dacă rezoluţia datelor este de un metru, datele necomprimate ar ocupa 150 MB pe discul fix, rezultând că un CD-ROM poate conţine datele corespunzătoare de pe circa patru foi de hartă. Cu aceleaşi considerente, pentru o rezoluţie de 2,5 m, dar pentru date comprimate, sunt

necesari doar 8 MB pe discul fix, un CD-ROM putând conține informațiile a 64 de foi de hartă. Comprimarea datelor trebuie avută în vedere oricând este posibil.

Trebuie să se țină seama de toate tipurile şi purtătorii de date privind ridicările geodezice, topografice şi cadastrale şi precizia acestora, de documentele cartografice cadastrale care trebuie utilizate pentru culegerea datelor. Dacă există deja unele baze de date, se stabileşte fie posibilitatea consultării acestora, fie importul datelor din aceste baze. Trebuie avut mereu în atenție factorul cost şi în special relațiile grad de detaliere a datelor - precizie - cost.

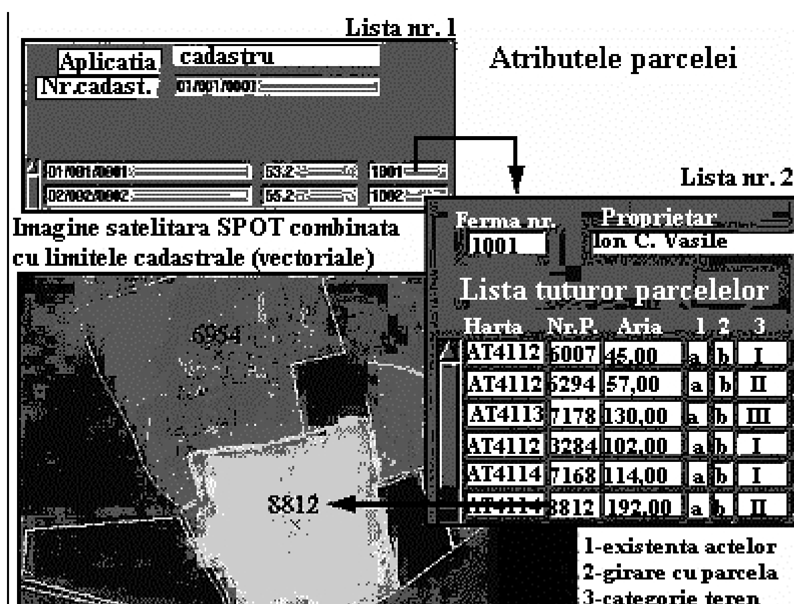


Fig. 5.36 Noi liste posibile în baza de date cadastrale

Dintre toate documentele cadastrale trebuie stabilit documentul de bază şi documentele auxiliare. Harta cadastrală de bază este aleasă în funcție de gradul de detaliere a datelor cadastrale şi de tipul zonei (municipală, rurală, în intravilan, în extravilan etc.). Pentru actualizarea permanentă a datelor, ca sursă de bază trebuie prevăzută şi ortofotograma. La stabilirea documentului de bază este obligatoriu să se țină seama de anul realizării acestuia, respectiv de gradul său de actualitate.

Unele date pot fi culese de pe documentele cadastrale, cea mai utilizată fiind fişa cadastrală. Alte date, dacă există, pot fi încărcate de pe site-uri autorizate la care există acces, potrivit contractelor stabilite (de exemplu datele referitoare la căile de comunicație).

Cu toate tipurile de date culese se trece la editarea parcelelor şi la încărcarea bazei de date. Metodele de culegere a datelor sunt ridicările topografice în scopuri cadastrale, mai ales în zonele unde abia recent au fost introduse cărțile funciare, digitizarea hărții cadastrale sau a ortofotogramei, ridicările fotogrammetrice, în special pentru zonele cu teren frământat etc. De mare importanță este georeferențierea tuturor datelor de poziție culese, respectiv aducerea lor în sistemul de coordonate al proiecției cartografice alese şi în sistemul geodezic de referință (datum-ul geodezic). Mulți optează pentru introducerea sistemului WGS 84, dar nu se cunosc țări care au adoptat acest sistem de referință pentru datele geodezice şi cartografice folosite în cadastru.

Vor exista unele probleme deosebite în țara noastră, mai ales din cauza restabilirii drepturilor de proprietate. Numărul parcelelor a variat mult în ultimii ani şi se aşteaptă o continuă modificare a acestuia.

5.3.2 Alte utilizări ale unui SIG cadastral

Un SIG cadastral nu este folosit doar ca o hartă electronică a parcelelor. Pot fi create rapid şi selectiv noi hărţi sau alte documente cadastrale, documente statistice etc. Unele date centralizatoare pot fi de mare ajutor în luarea deciziilor privind utilizarea optimă a parcelelor, impozitarea proprietarilor sau deţinătorilor sau amenajarea teritoriului. Variaţia geomorfologică generată de unele fenomene prevăzute sau neprevăzute impune măsurarea şi reprezentarea continuă a modificărilor.

5.4 Sistemele informaţionale geografice şi hărţile digitale în navigaţie

5.4.1 Noul suport al hărţii - ecranul sau hârtia?

Hărţile sunt realizate în prezent cu calculatorul, ba mai mult, sunt şi utilizate sau analizate cu ajutorul unei game largi de calculatoare. Este clar că producerea unei hărţi cu ajutorul calculatorului nu este aşa de simplă ca vizualizarea obişnuită a unei imagini, ci pune probleme de complexitate deosebită. Acest fapt nu a fost înţeles de mulţi specialişti ai altor domenii, care chiar cred că nu mai este necesar cartograful. Realizarea unei hărţi pentru a fi folosită cu calculatorul, chiar în final doar pentru vizualizare pe ecran, a dus la schimbări privind rezoluţia şi modul de reprezentare cartografică. De aici decurg şi noi utilizări ale hărţii, de exemplu de către mijloacele de navigaţie electronică. Ca exemplu, în figura 5.37 sunt arătate mijloacele de conducere a navigaţiei unei nave.

Printre mijloacele de navigaţie este şi harta electronică de navigaţie (HEN, ENC în limba engleză). Totuşi scopul final al cartografiei nu se schimbă, ci doar se adaptează. Scopul principal este de a comunica un tip aparte de informaţie, informaţia cartografică digitală..

Hărţile afişate pe ecranul grafic diferă de cele tipărite pe hârtie, diferenţele fiind date de modurile de utilizare, de proprietăţile fiecărui suport sau purtător şi de metodele de realizare. Harta afişată pe ecran nu mai are rezoluţia relativ mare a hârtiei, dar câştigă prin interactivitate. Ecranele nu permit o detaliere a semnelor convenţionale şi inscripţiilor ca în cazul hârtiei. Ecranele grafice au diagonala între 15" şi 21", pe când hârtia poate avea un format mai mare.

Calculatorul permite mărirea scării şi modificarea gradului de detaliere a obiectelor. Obiectele aparţin straturilor şi claselor şi afişarea se poate face selectiv. Capabilităţile de mărire - micşorare şi de interogare a bazei de date schimbă întregul proces de cartografiere. Scara, o caracteristică fundamentală a hărţii tipărite, devine acum arbitrară şi o cantitate mare de informaţie ce era acoperită de scară (de exemplu precizia) devine explicită.

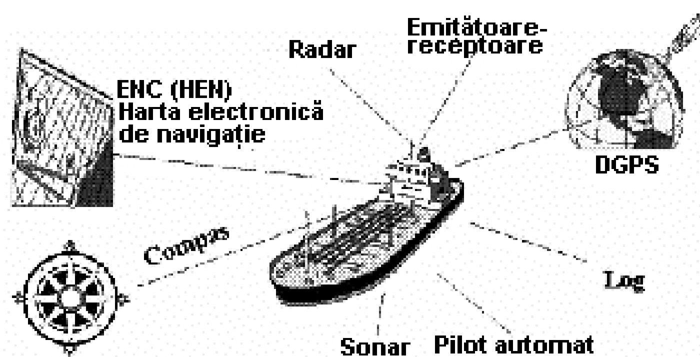


Fig. 5.37 Mijloace de navigaţie în marină

Generalizarea hărții tipărite este subordonată cerințelor de lizibilitate, tipărire etc. Generalizarea hărții pe ecran are ca cerință tot lizibilitatea, dar într-un mod diferit. Criteriul de tipărire a fost înlocuit de necesitatea de conservare a lărgimii de bandă, nuanțelor de culori etc. Se obişnuieşte în prezent ca o hartă să fie realizată în ambele versiuni. Cu toate că produsele finale sunt diferite, este necesar ca procesul tehnologic să fie acelaşi.

5.4.2 Cerințe pentru hărțile de navigație

Multe din hărțile de navigație sunt distribuite pe CD sau prin intermediul rețelei (intranet sau Internet), cu respectarea cerințelor de confidențialitate şi cost. Publicarea hărților pe mediul electronic pare a fi limitată. Există probleme practice care trebuie să determine procesul de proiectare, realizare şi distribuire a hărților electronice. O problemă importantă este cea a echipamentelor şi programelor folosite de utilizator. Platformele sunt diverse, de la stații grafice puternice bazate pe sistemul de operare UNIX, izolate de rețelele externe, până la platforme bazate pe PC, conectate în aceste rețele.

Cu toate că nu fac parte din proiectul de realizare a hărții, au importanță atât afişările din dispecerate, cât şi afişările la bordul avioanelor, vapoarelor, automobilelor etc. De exemplu, pentru aviație sunt realizate harta de drum, harta de apropiere aeroportuară, planul aeroportului, harta pentru controlul traficului aerian etc., cu perioade de actualizare de zeci de zile, conform indicațiilor ICAO (Organizației internațională a aviației civile). Datele sunt apoi extrase din bază şi li se asociază simboluri, rezultând fişiere cu date vectoriale, folosind software specializat pe cartografierea în scopuri de navigație. Pentru fiecare fişier cu date vectoriale se face şi o editare interactivă. Doar modificările de la un ciclu la altul sunt extrase din baza de date. Programe speciale combină fişierele cu date vectoriale, le transformă în fişiere cu date raster pentru a realiza negativele originalelor de editare. Cerințele privind costul nu se analizează aici.

5.4.3 Tehnologia actuală de transmitere a hărților

Rețeaua WWW a demonstrat un succes deosebit în distribuția electronică a informației. Autoritățile naționale de asigurare a navigației cercetează tehnologiile web pentru publicarea documentelor electronice de navigație. Tehnologiile se referă la protocoale, limbaje, formate ale datelor, software etc. Există două aspecte importante şi independente ale tehnologiilor pentru realizarea documentelor electronice - al folosirii formatelor uzuale de date şi cel al soluției client-server.

5.4.3.1 Formate comune de date

Dintre formatele asociate utilizării rețelei WWW se amintesc HTML, JPEG şi ECMAScript (cunoscut ca JavaScript sau Jscript) Aceste formate au unele atribute comune.

*Independența platformei utilizatorului***. E**xistă multe sisteme hardware, sisteme de operare şi software de vizualizare ce folosesc formate şi limbaje standardizate. Platformele utilizatorilor potențiali de hărți sunt diverse. Programele se caracterizează prin realizarea maşinii virtuale abstracte, popularitatea formatelor fiind atribuită portabilității programelor ce le folosesc.

*Standarde deschise***.** Standardele pentru formatele de mai sus sunt accesibile şi pot fi folosite liber. În parte, este permisă independența față de utilizator. Deschiderea acestor standarde de formate permite experților să evalueze şi să aprecieze detaliile tehnice ale proiectelor, fiind încurajată scrierea şi proliferarea de programe.

Folosirea extinsă. **I**ndependenţa platformei utilizatorului şi disponibilitatea programelor ieftine fac ca formatele să fie mult folosite. Pentru baza de date cartografice sunt indicate datele vectoriale. Formatele web nu cuprind şi aceste formate. Se realizează programe speciale pentru transferul datelor prin reţeaua WWW (de exemplu ArcExplorer), dar numai pentru folosirea formatelor specifice programelor companiei realizatoare (ESRI). Pot fi alese şi alte soluţii pentru transferul datelor. Au fost utilizate unele formate vectoriale ce respectă criteriile menţionate mai jos, care au toate avantajele calculelor client-server implicate în reţeaua WWW, dar şi avantajele proprii fiecărui format. Pot fi folosite componentele "plugin", fişe configurabile cu circuite imprimate, ce înţeleg datele tip ale unui SIG, pentru a vizualiza seturile de date printr-un browser specific reţelei WWW. În unele proiecte a fost folosit programul GeoMedia Web Map (Intergraph). Până în anul 1999, programele de acest tip aveau unele limitări privind flexibilitatea grafică. Dintre programele performante, ale căror versiuni au fost finalizate şi furnizate în anul 2.000, pot fi amintite aici AltaMap Server v2.1 şi HTML ImageMapper 2.1 (alta4), Web GIS Spatial Fusion 1.1 (CARIS-Universal Systems Ltd.), CanMap® RouteLogistics şi CanMap(R) Streetfiles Version 3.0 (DMTI Spatial™), Image Web Server (Earth Resource Mapping), ARC IMS 3.0 (ESRI), Routing J Server, MapXtreme Java 3.0, versiunea Coverage Locator bazată pe Java, Internet Application Server 8I pentru SGBD Oracle®, miSites şi miDirections (MapInfo), .geo (citit "dot-gee-oh", SRI International) etc.

De notat că Autodesk a adăugat compatibilitatea sistemului său AutoCAD 2000i cu o platformă bazată pe Java, realizând soluţii optime integrate pentru comunicaţii, gestiunea utilităţilor, dezvoltarea amenajării teritoriului etc. Proiectarea prin folosirea reţelei Internet se face în trei moduri - transmiterea prin Web a produselor obţinute, dezvoltarea de aplicaţii bazate pe browser şi crearea de motoare de căutare.

Diversitatea echipamentelor şi sistemelor de operare ale platformelor utilizatorilor crează probleme la transferul datelor SIG. Există şi varianta XML, foarte promiţătoare pentru grafice bazate pe date vectoriale.

Formatul PDF (Portable Document Format) a fost dezvoltat de către Adobe Systems Inc. ca un mijloc de afişare grafică a informaţiei constituite pe pagini. Calitatea formatului îl face util pentru documentele cartografice. PDF foloseşte o submulţime a instrucţiunilor limbajului Postscript.

Este un format hibrid raster - vector şi faptul că acceptă date vectoriale îl face foarte util pentru transmiterea unor fişiere de volum mic. Formatul permite descrierea hiperlegăturilor bazate pe protocolul HTTP, iar folosirea formatului ECMAScript îi asigură o mare interactivitate.

5.4.3.2 Prelucrarea client-server

Modelul presupune împărţirea etapelor de prelucrare - realizate de către utilizator şi realizate de către server. Prelucrările serverului şi ale utilizatorului pot fi realizate pe aceeaşi platformă sau pe platforme diferite, interconectate printr-o reţea. Folosirea acestei prelucrări în reţeaua WWW implică folosirea protocolului HTTP pentru a solicita serviciul serverelor care sunt complet separate de prelucrările specifice utilizatorului, complet independente de folosirea formatelor descrise.

Primul avantaj este că permite unui autor să creeze o divizare a operaţiunilor de prelucrare între platformele utilizatorilor (de foarte mare diversitate) şi platformele serverelor, pe care autorul le poate "controla". Cu tot software-ul pe aceeaşi platformă, avantajul constă în faptul că produsul final este autonom şi independent de orice conectare la reţea. Produsul

trebuie scris pe un suport (CD) şi apoi distribuit utilizatorilor. Efortul realizatorului se termină aici, urmând ca periodic să se facă actualizările corespunzătoare (Niţu, C. 2001).

Dezavantajul metodei poate consta în aceea că platformele utilizatorilor sunt foarte diverse şi dezvoltarea de software pentru toate platformele devine o operaţiune scumpă. Pentru o bună utilizare a metodei trebuie să se folosească doar software mai ieftin, existent în comerţ.

Folosirea prelucrării client-server are avantajul că cele mai multe operaţiuni de prelucrare se realizează la server, nefiind necesar software specializat la platforma utilizatorului, ceea ce înseamnă că programele pot fi scrise pe o maşină specifică sau pe o mulţime de maşini pe care dezvoltatorul le poate controla. Serverul are un cost ridicat şi pot fi impuse restricţii de acces. Dar imaginile transmise nu pot, de exemplu, să fie mărite cu programele de vizualizare existente în reţeaua WWW. Un anumit tip de interactivitate necesită software specializat şi ridică preţul proiectului. La planificarea unei anumite interactivităţi în cadrul unui proiect de publicare digitală trebuie să se facă diferenţierea între interactivitatea implicată de suport şi interactivitatea ce trebuie programată de către autor. Cu cele mai multe din formatele considerate sunt posibile procedurile software de vizualizare, mărire sau micşorare, deplasare a ferestrei în planul imagini etc. Problema interogării se complică, existând două abordări pentru căutare. În prima metodă rezultatele interogării sunt calculate în prealabil şi tratate ca legături, prin pointeri, tip simplu de implementat. Este necesar totuşi ca autorul să prevadă toate cererile posibile ale utilizatorilor. Când numărul cererilor este foarte mare implementarea este dificilă.

A doua abordare este posibilitatea specificării unei cereri, fie de natură spaţială, fie de natură atributivă, chiar pe timpul rulării. Pentru acest gen de interogare trebuie realizate unele programe. Procesarea poate fi făcută fie la utilizatorul final, fie la server, fie combinat la cele două noduri.

Alegerea folosirii prelucrării client-server depinde de ce tipuri de interogări pot fi asigurate şi ce tipuri de răspunsuri pot fi calculate dinainte.

5.4.4 Experienţe, dezvoltare şi implementare în navigaţia rutieră

Folosirea hărţilor digitale în navigaţia rutieră a început de peste 15 ani. Astăzi sistemele de navigaţie au devenit o realitate în multe ţări. Sistemul de navigaţie permite planificarea dinamică a itinerariului, scurtarea timpului de deplasare, economisrea combustibilului şi ghidarea în spaţiul geografic.

5.4.4.1 Sistemele de navigaţie rutieră

Prima soluţie consideră sistemul ca autonom, cu toate componentele necesare pentru rezolvarea independentă a tuturor problemelor de navigaţie. Asemenea sisteme au apărut deja de mai mulţi ani pe piaţă, de exemplu sistemele Carin (dezvoltat de Philips) şi PathMaster (Rockwell). *A doua soluţie* consideră ca toate vehicolele unei organizaţii să fie interconectate într-un sistem de navigaţie, urmărindu-se optimizarea deplasării tuturor vehicolelor într-o zonă geografică stabilită. De la un dispecerat poate fi urmărit permanent gradul de ocupare a vehicolelor, traseele de deplasare, eventualele deficienţe etc. *A treia soluţie* consideră o zonă geografică fixă, riguros delimitată şi presupune montarea sistemelor de navigaţie pe toate vehicolele de un anumit tip, funcţiile sistemului fiind mai ales problemele de trafic. Ultimele două soluţii au un mare potenţial de utilizare. În aceste două cazuri trebuie să existe unul sau mai multe centre de operare, o reţea de comunicaţie şi unităţile amplasate pe vehicole. În

ultimul caz, în sistemul de navigaţie intră şi unităţi de măsurare a traficului în unele puncte dinainte stabilite sau din puncte mobile.

Pentru unitatea montată pe vehicol, importantă este funcţia de determinare a poziţiei geografice a vehicolului la un moment dat, soluţia modernă şi eficientă fiind folosirea GPS. La 2 mai 2000, orele 4.00 GMT, guvernul SUA a luat o decizie epocală privind înlăturarea disponibilităţii selective asupra sateliţilor sistemului Navstar de poziţionare globală. A fost oprită modificarea controlată a semnalelor GPS pentru comunitatea civilă. Această creştere a preciziei permite creşterea numărului de aplicaţii inclusiv în scopuri de navigaţie.

O interfaţă cu utilizatorul acceptă cereri ale conductorului şi furnizează informaţii de navigaţie. Interfaţa trebuie să fie eficace, să nu aibă potenţial de risc prin distragerea atenţiei, să fie simplă şi uşor de înţeles. Pentru respectarea acestor condiţii trebuie să existe răspunsuri vocale sintetizate, ecran grafic pe care să se afişeze harta şi valorile unor variabile.

Cele mai indicate hărţi pentru folosirea în sistemele de navigaţie rutieră sunt hărţile topografice şi planurile de localităţi, obţinute ca ieşiri ale sistemelor informaţionale geografice. Datele reţelei de drumuri trebuie să fie date vectoriale, structurate topologic. Stratul raster este şi el necesar.

5.4.4.2 Programe necesare sistemelor de navigaţie rutieră

Un pachet de programe trebuie să aibă cel puţin trei module. S-a ales descrierea programelor pentru gestionarea vehicolelor unei organizaţii pentru o zonă delimitată geografic.

Primul modul trebuie să monitorizeze toate vehicolele organizaţiei. Sunt gestionate coordonatele punctelor traseelor vehicolelor, codurile vehicolelor, gradul lor de încărcare, caracteristicile încărcăturii etc. Acelaşi modul gestionează hărţile digitale de diferite scări şi cu grade diferite de complexitate, cu straturi de date raster, vectoriale sau cu ambele tipuri de date.

Al doilea modul (auxiliar) trebuie să funcţioneze pentru rezolvarea problemelor de cartografie asistată de calculator, respectiv de pregătire a unei baze de date cartografice pentru un teritoriu dat. Este asigurată digitizarea hărţilor, transformarea coordonatelor punctelor dintr-o proiecţie în alta şi dintr-un datum geodezic în altul, împărţirea pe straturi a elementelor de conţinut şi modificarea gradului de detaliere etc. Datele structurate sunt transferate primului modul.

Cel de *al treilea modul* este destinat culegerii şi transmiterii către primul modul a poziţiei, vitezei, distanţei parcurse şi a altor date.

Rezumând, modulele trebuie să permită: afişarea ca fundal a hărţii dorite; afişarea pe harta de pe ecran a poziţiei vehicolelor controlate; mărirea sau micşorarea imaginii hărţii; deplasarea în plan a zonei alese a hărţii; afişarea traseelor parcurse de vehicole; simularea dinamică a unor situaţii ipotetice; pregătirea datelor pentru realizarea bazei de date cartografice; memorarea datelor cartografice şi a datelor de navigaţie într-o bază de date a sistemului de navigaţie.

De exemplu, produsul Autodesk® OnSite utilizează o platformă cu sistemul de operare Palm, SGBD Oracle8i Lite şi programe Microsoft (mobile computing operating system). Produsul MapGuide 5 furnizează hărţi, desene şi alte date unei reţele de tip intranet a unei organizaţii sau Internet. Oricine dispune de un browser Web şi este conectat la reţea poate interacţiona în timp real cu datele geografice şi tematice puse la dispoziţie de server(e).

5.5 Alte produse realizate cu datele SIG

În anexa C se arată modul de rezolvare a unor probleme dificile de cartografie, care pot fi aplicate în principiu la orice reprezentare grafică în SIG. Exemplificarea s-a făcut pentru plasarea inscripţiilor, deplasarea reciprocă a obiectelor pentru înlăturarea suprapunerii detaliilor (la generalizare), generalizarea detaliilor punctuale prin detalii areale, simbolizarea complexă şi rezolvarea problemei alinierii şi racordării la generarea semnelor convenţionale areale. Pentru fiecare caz în parte se arată grafic principiul de rezolvare, se indică procedurile scrise în AML şi principalele comenzi Arc/Info utilizate.

În anexa D, după cum deja s-a arătat, sunt reprezentate imaginile interpretate pentru o zonă, folosind fotogramele aeriene. Imaginile se referă la folosinţa terenului, tipurile de sol, adecvarea terenului pentru sisteme agroforestiere, folosirea optimă a terenurilor, hazardul la eroziune, concordanţa folosirii terenului cu adecvarea pentru sisteme agroforestiere etc. Pentru fiecare imagine este reprezentată scara grafică şi o legendă. Se poate face şi combinarea imaginilor reprezentate cu alte hărţi sau imagini. Imaginile de mai sus au fost obţinute cu programele ERDAS Imagine şi IDRISI, completate cu proceduri proprii. Asupra imaginilor iniţiale rezultate din scanare au fost aplicate majoritatea tipurilor de prelucrări.

În anexa E sunt prezentate mai multe modele de produse SIG. Aceste produse sunt hărţile topografice la diferite scări, planurile topografice şi tematice, hărţile tematice sau speciale, hărţile derivate din modelul digital altimetric, fotogramele, stereogramele şi ortofotogramele, ortofotohărţile, spaţiohărţile sau alte imagini digitale, inclusiv cele dinamice, imagini de teledetecţie în diferite benzi spectrale etc. Toate aceste produse se obţin cu programe şi tehnologii foarte diverse, de aici rezultând complexitate SIG.

5.6 Concluzii

În diversitatea problemelor privind algoritmii, programele şi tehnologiile de realizare a produselor SIG, sunt remarcate contribuţiile autorilor la dezvoltarea limbajului de descriere a semnelor convenţionale, generarea automată a simbolurilor, personalizarea generatoarelor pentru noi semne convenţionale şi inscripţii, realizarea procedurilor de extragere a informaţiei hidrologice din MDA, rezolvarea unor probleme cartografice complexe precum plasarea inscripţiilor şi racordarea detaliilor, algoritmul de umbrire, definirea funcţiilor cartografice într-un SIG cadastral etc. Demonstraţiile rezultatelor corecte au fost făcute atât prin produsele obţinute în urma aplicării procedurilor, cât şi prin diversitatea prezentării modului de rezolvare (instrucţiuni ale programelor sursă, instrucţiuni BNF, paşi de rezolvare pentru algoritmi, formule de calcul etc.). În toate realizările se ascund şi modelele matematice prezentate într-un capitol separat.

Anexa A: Programe SIG, modulele programelor şi funcţii ale acestora

Tabelul A1: Exemple de funcţii ale unor programe SIG

Meniu	Funcţie	Subfuncţie	WinGIS Profesional +		Win GIS	Win GIS	Win MAP	WinMap	
			WinGIS Software	LT Viewer	Prof.	Stand.		LT	Ultra LT
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
File	New (Nou)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Open (Deschide)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Load (Încarcă)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Save (Salvează)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Savea		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Close (Închide)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Import	ASCII	Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Export	ASCII	Da	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Nu
		DXF	Da	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Nu
	Load Bitmap (Încarcă hartă raster)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Bitmap Display (Afişază hartă raster)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	GPSConection (Conectare GPS)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Routing (Drum optim, transport)		Modul	Nu	Mo-dul	Modul	Mo-dul	Nu	Nu
	Multimedia	Add/del	Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
		Playback	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Turboraster	Edit	Modul	Nu	Mo-dul	Modul	Nu	Nu	Nu
		LoadFrames	Mostră	Nu	Mo-stră	Mostră	Nu	Nu	Nu
	Print/Plot (Imprimă/desenează)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Printer/Plotter setup (Setare param. impr./ploter)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Exit		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Con-verter	WinGIS2 DXF		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
Con-verter	DXF2 ASCII		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
Edit	Cut (taie, împarte)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Copy (copiază)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Paste (lipeşte, alipeşte)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Delete (şterge)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Move (mută)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Text		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Stil Object		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Move Point (mută punctul)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Insert Point (introdu punctul)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Delete Point (şterge punctul)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Deselect (anulează selecţia)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Da
	Bitmap Transparency (hartă raster provizorie)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Insert Object (introdu obiectul)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Insert Link (introdu legătura la ..)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Edit Object (editează obiectul)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Create Island Polygon (crează poligonul insulă)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
Digi-tize	Reference Points (puncte de reper/comune)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
		New	Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Add	Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Point (obiect punctual)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Line (obiect liniar)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Polygon (obiect areal)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Line Snap Layer (strat de aliniere/racordare)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Transf. Parameters (parametri de transformare)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Change passwd. (schimbă parola de acces)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Text style (font)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Dimensioning (redimensionare)		Da	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Nu
	Combine (combină)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Manual snap (racordare man.)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	DataBase selection (selecție BD)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Transparent selection (selecție transparentă)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Zoom size (coef. mărire)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Bitmap options		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Bitmap color palette		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Symbol library (bibliotecă de simboluri)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Define symbol (definește simbolul)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Create symbol (crează un nou simbol)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
	Input device (periferic de intrare)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Digitize (digitizează)		Da	Nu	Da	Nu	Nu	Nu	Nu
	Install Modules (instalează)modulele ..)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Preferences (preferințe)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Nu
Window	Cascade (în cascadă/trepte)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Tile (placă)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Arrange Icons (alege locul pictogramelor)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Close All (închide toate aplicațiile)		Da	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu
	Overview (vedere generală)		Da	Nu	Da	Da	Da	Da	Da
	Save view (salvează vederea/imaginea)		Da	Nu	Da	Da	Nu	Nu	Nu
	Load view (încarcă vederea/imaginea)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Help on WinGIS (explicații)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	Help on Help (explicații la explicații)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
	About (despre)		Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
Toolbar			Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da

Tabelul A2: Lista pachetelor de programe SIG sau utilizate în SIG, existente în EUROPA până în anul 1999(fără cele de analiză statistică)

Numele pachetului	**Anul lansării**	**Firma**
0	**1**	**2**
Action Control for Windows	1995	Action Information Management Ltd, UK
Action Map for Windows	1995	Action Information Management Ltd, UK
Action Plan for Windows	1995	Action Information Management Ltd, UK
Active Response	1995	Active Soft. Ltd,UK
Active Provider Cen/Stat	1994	Active Soft. Ltd,UK
Adalin	1985	Adamys AG, Suedia
ALU-GIAP/AED GIS	1986	AED Graphics, Germania
Deskmapper	1994	Allied Images Ltd,UK
Apic	1987	Apic SA, Franța
Apic Space	1995	Apic SA, Franța
Vegtor	1993	Articoque, Franța
Cartes&Donnees	1993	Articoque, Franța
AXIS 2000	1978	Assist Applic. Ltd, UK
AutoCAD MAP	1996	Autodesk Inc., USA
AutoCAD	1982	Autodesk Inc., USA
Valis	1988	Autom. Datenverarbeitung, Austria
Prospex	1989	Beacon D. Ltd, UK
Microstation Descartes	1987	Bentley Sistems, USA
Microstation 95	1995	Bentley Sistems, USA
Microstation GeoGraphics	1996	Bentley Sistems, USA
Map Viewer	1990	Byers Eng. Company
InSite	1987	CACI Ltd, UK
4View	1992	Cad-Capture Ltd, UK
LIDS	1990	Elveția şi Cehia
cadcorp Map Manager	1994	Cadcorp Ltd, UK
cadcorp Map Editor	1995	Cadcorp Ltd, UK
cadcorp Data Manager	1996	Cadcorp Ltd, UK
cadcorp Data Editor	1996	Cadcorp Ltd, UK
cadcorp SIS Control (OCX)	1996	Cadcorp Ltd, UK
Caris-GIS & Caris ++	1978	Caris GIS BV, Canada
Mosaic		CCN Marketing UK
Vertical Mapper for MapInfo	1995	CDR Group Canada
MapGrafix GIS	1985	ComGrafix Inc., USA
GIMS	1990	DigiGroups SRL
Customised MapInfo Profess.	1985	Dotted Eyes, USA
CableCad	1984	Canada
GeoNet	1994	Canada
Erdas Imagine	1992	Erdas Inc., USA
PC Arc/INFO	1987	ESRI Inc., USA
ArcCAD	1992	ESRI Inc., USA
ArcVIEW	1994	ESRI Inc., USA
Arc/INFO	1982	ESRI Inc., USA

0	1	2
Spatial Database Engine	1995	ESRI Inc., USA
Fast/STC	1996	FastCAD GIS, UK
Cartology LITE	1994	FastCAD GIS, UK
Cartology ODBC	1995	FastCAD GIS, UK
Gds	1980	Gds Ltd, UK
GenaMAP	1987	Genasys, Australia
Everest Mapping System	1994	Geobuild Proj. Ltd, UK
Enigma Plus	1987	GeoMEM Soft., Israel
The Cambridge Map Manager	1995	GeoMEM Soft., UK
MAPPublisher	1995	GeoMEM Soft., Canada
MapViewer/UK	1989	GeoMEM Soft., USA
MetaMAP2	1989	GeoMEM Soft., USA
ER Mapper	1989	ER Mapper, Australia
PolyView	1994	GeoPerfect TWI BV, Olanda
Map Server	1993	Geosoft Ltd, UK
Geo/SQL		GEO/SQL, Canada
FRAMME	1986	Intergraph Corp., USA
MGE	1989	Intergraph Corp., USA
ILWIS	1988	ITC-ILWIS, Olanda
Horizon	1989	Laser-Scan Ltd, UK
Telecoms Analysis	1992	Laser-Scan Ltd, UK
Market Analysis	1993	Laser-Scan Ltd, UK
LAMPS2	1995	Laser-Scan Ltd, UK
IGIS	1995	Laser-Scan Ltd, UK
Gothic ADE	1994	Laser-Scan Ltd, UK
LAMPS	1982	Laser-Scan Ltd, UK
VTRACK	1988	Laser-Scan Ltd, UK
MapInfo Prof.	1995	MapInfo, USA
Megatel Visor	1983	Megatel Gmbh, Germania
MvM Map Manager	1994	MVM Consultants, UK
SGD	1991	Norsistemas, Spania
WinMAP	1993	PROGIS, Austria
WinGIS	1993	PROGIS, Austria
Map&Market	1995	PTV Gmbh, Germania
QuickAdress Pro	1992	QAS Systems Ltd, UK
QuickAdress Locator	1995	QAS Systems Ltd, UK
QuickAdress Batch	1993	QAS Systems Ltd, UK
QuickAdress Pro +Adress Point	1995	QAS Systems Ltd, UK
QuickAdress Nearest	1994	QAS Systems Ltd, UK
VISION	1975	SHS VISION Solutions Canada
DataMAP	1994	SIA Ltd, UK
SICAD GIS	1979	Siemens Nixdorf, Germania
Smallworld GIS	1991	Smallworld, UK
Ramina	1991	Spatial Information Services, Norvegia
Maptitudine		SSI, Canada
Desk Mapper		SSI, UK

0	1	2
Star Carto	1990	Star Informatic SA, Belgia
Atlas GIS	1988	Strategic Mapping Inc.
Tactician	1989	Tactician, UK, USA
XCITY	1991	Tekla OI, Finlanda
XCABLE	1992	Tekla OI, Finlanda
XPOWER	1990	Tekla OI, Finlanda
ELNET	1992	Tekla OI, Finlanda
XSTREET, XROAD, XGEO	1989	Tekla OI, Finlanda
Drivetime	1986	The Data Consultancy, UK
TNT MIPS	1986	The NPA Group, USA
SPANS	1996	Tydac Technologies, Canada
ACE	1996	Tydac Technologies, Canada
SPANS Topographer	1996	Tydac Technologies, Canada
SPANS Explorer	1996	Tydac Technologies, Canada
SPANS MAP	1989	Tydac Technologies, Canada
MAPA de Carreteras	1995	Spania
Visual Map Professional	1996	Visual GIS Engineering, Spania
CPS	1996	Suedia

Tabelul A3 Module de analiză ale pachetului de programe IDRISI

Nr.	Nume	Funcție
0	1	2
1	**ALLOCATE**	asignare a fiecărei celule la cel mai apropiat detaliu dintr.un set
2	**AREA**	determinare a ariei totale a pixelilor de o anumită valoare
3	**ASSIGN**	legare a unei imagini cu atributele dintr-un fişier
4	**AUTOCORR**	calculare a autocorelației unei imagini
5	**BAYCLASS**	clasificare a informației siturilor de învățare-antrenament
6	**BELCLASS**	clasificare a informației siturilor de învățare-antrenament
7	**Belief**	modelare Dempster-Shafer (Weight-of-Evidence)
8	**BUFFER**	calculare a zonelor buffer de lățime dată
9	**Calculator**	construcție interactivă a funcțiilor de calcul
10	**CENTER**	calculare a poziției medii a centrului şi razei unui set de puncte
11	**CLUSTER**	clasificare nesupervizată a unei imagini
12	**COLSPACE**	conversie a sistemului imagine **RGB** în **HLS** şi invers
13	**COMPOSIT**	realizare a unei imagini compuse fals color
14	**COST**	generare a distanțelor ca efort minim de deplasare cu frecare
15	**COUNT**	realizare a imaginii frecvențelor apariției valorilor pixelilor
16	**CRATIO**	calculare a raportului de compactare al poligoanelor
17	**CROSSTAB**	comparare a două imagini, suprapunere multiplă cu AND
18	**Database Workshop**	sistem integrat de gestiune a bazelor de date
19	**DECOMP**	descompunere a unui vector forță în două noi imagini
20	**DESTRIPE**	înlăturare a zgomotelor datorate detectorului scanerului
21	**DISPERSE**	Calculare a distanțelor cost de la un set de detalii desemnate
22	**DISTANCE**	determinare a distanței euclidiene dintre celule sau pixeli
23	**Edit**	editare a textelor ASCII
24	**Editsig**	editare a unui fişier de semnături creat cu MAKESIG
25	**ERRMAT**	comparare a două imagini în scopul aprecierii preciziei
26	**EXTRACT**	extragere a valorilor statistice dintr-un fişier imagine
27	**FILTER**	creare a unei noi imagini prin filtrare
28	**FUZCLASS**	clasificare în clase de tip fuzzy
29	**FUZSIG**	creare de semnături spectrale din imaginile de teledetecție
30	**GROUP**	determinare a grupărilor contigui de valori întregi identice
31	**HISTO**	realizare a histogramei frecvențelor pixelilor imaginii
32	**HNTRLAND**	determinare a regiunii dominate de una sau mai multe poziții
33	**HYPERMIN**	clasificare pentru date hiperspectrale, bază pe distanța minimă
34	**HYPERSAM**	clasificare Spectral Angle Mapper a imaginilor hiperspectrale
35	**HYPERSIG**	creare şi afişare de semnături hiperspectrale
36	**ISOCLUST**	clasificare iterativă nesupervizată cu autoorganizare
37	**LOGITREG**	calculare a regresiei şi predicției logice
38	**MAKESIG**	creare de semnături spectrale din imaginile de teledetecție
39	**MAXBAY**	selectare a imaginii ce conține probabilitatea a posteriori
40	**MAXBEL**	selectare a imaginii ce conține încrederea maximă
41	**MAXFUZ**	selectare a imaginii ce conține valori fuzzy
42	**MAXLIKE**	clasificare a datelor prin metoda verosimilității maxime
43	**MAXSET**	clasificare Dempster-Shafer
44	**MCE**	evaluare multicriterială (Multi-Criteria Evaluation)
45	**MDCHOICE**	alegere multidimensională
46	**MINDIST**	classificare a datelor de teledetecție - metoda distanței minime

0	1	2
47	**MIXCALC**	clasificare Dempster-Shafer (Basic Probability Assignment)
48	**MOLA**	alocare a terenului după mai multe obiective
49	**MULTIREG**	calculare a unei regresii liniare multiple
50	**NDVICOMP**	realizare de imagini compuse din imagistica NDVI
51	**OVERLAY**	suprapunere a două imagini
52	**PATHWAY**	determinare a drumului de cost minim
53	**PATTERN**	calculare a variației valorilor pixelilor vecini dintr-o fereastră
54	**PCA**	analiză a componentelor principale ale unor imagini
55	**PCLASS**	atribuire a unei probabilități fiecărui pixel al unei imagini
56	**PERIM**	determinare a perimetrului fiecărei categorii într-o imagine
57	**PIPED**	clasificare paralelepipedică a datelor de teledetecție
58	**PROFILE**	creare de profile spațiale şi temporale într-o imagine
59	**QUADRAT**	descriere a naturii distribuției punctelor
60	**QUERY**	extragere a unei ferestre de formă neregulată dintr-o imagine
61	**RADIANCE**	conversie a şirului de valori Dn LANDSAT în radianțe calibrate
62	**RANDOM**	creare a unei imagini dreptunghiulare, normale sau lognormale
63	**RANK**	ordonare a celulelor intr-o imagine binară pe octeți
64	**RECLASS**	clasificare sau reclasificare a datelor imaginilor sau atributelor
65	**REGRESS**	calculare a unei regresii liniare între două imagini (fişiere)
66	**RELOCATE**	analiza în rețea pentru alocarea resurselor
67	**RESAMPLE**	reeşantionare a unei imagini
68	**RESULTAN**	produce o nouă pereche de imagini forță cu forța rezultantă
69	**SAMPLE**	realizare a unui fişier vectorial de mostre de forme
70	**SCALAR**	realizare a aritmeticii scalare pe imagini
71	**SCATTER**	creare a unui scatter plot cu două benzi de imagini binare
72	**SIGCOMP**	comparare a semnăturilor create cu MAKESIG.
73	**SPDIST**	determinare a distanței euclidiene în unități sferice
74	**STANDARD**	conversie a unei imagini cantitative într-o imagine apreciativă
75	**STRETCH**	modificare a contrastului unei imagini
76	**SURFACE**	calculare a pantelor, direcțiilor de pantă maximă şi umbrelor.
77	**TASSCAP**	transformare 4D a datelor MSS (4 benzi) sau TM (6 benzi)
78	**TEXTURE**	a)analiză a variației valorilor într-o fereastră de pixeli
79	**TEXTURE**	b)estimare a dimensiunii fractale într-o zonă 3 x 3 pixeli
80	**TEXTURE**	c)calculare a frecvenței unei valori specificate într-o fereastră
81	**TEXTURE**	d)furnizare filtre de convoluție pentru analiza limitelor liniare
82	**THERMAL**	conversie a datelor din banda 6 LANDSAT în temperaturi
83	**THIESSEN**	construire a poligoanelor Thiessen
84	**TRANSFOR**	transformare a valorilor atributelor pe imagini
85	**TREND**	calculare a ecuațiilor polinomiale ale unei suprafețe
86	**TSA**	analiză a datelor imagine luate la intervale mari
87	**VARCOST**	calculare a distanțelor cost de la un set de detalii desemnate
88	**VEGINDEX**	calculare a indicilor vegetației din roşu şi infraroşu apropiat
89	**VIEWSHED**	determinare a celulelor vizibile dintr-unul sau mai multe puncte
90	**WATRSHED**	determinare a scurgerii pe o suprafață imagine
91	**WEIGHT**	dezvoltare de ponderi relative pentru un grup de factori

Tabelul A4: Sisteme de programe lansate în anul 2.000 şi utilizate în SIG*)

Firma realizatoare	**Denumirea sistemului de programe**
0	**1**
alta4	HTML ImageMapper 2.1
alta4	AltaMap Server 2.1
ArcSecond	PocketCAD Viewer
Autodesk	AutoCAD 2000i
Autodesk	AutoCAD 2000 ce poate fi procurat prin e-Store
Autodesk	GIS Data Transformer Extension (dtX), SDTS şi VML Drivers, autoîncărcabile
Autodesk	Autodesk® OnSite
Autodesk	MapGuide 5
Bentley	Viecon Public Works Network
Byers	Spatialworx™
CARIS-Univ. Sys. Ltd	.CARIS HIPS
CARIS-Univ. Sys. Ltd	Web GIS Spatial Fusion 1.1 la GITA
CARIS-Univ. Sys. Ltd	LOTS 2.0
CARIS-Univ. Sys. Ltd	Java development tools
CARIS-Univ. Sys. Ltd	HIPS 5.1
DeLorme	XMap
DeLorme	XMap Business
DMTI	CanMap Plus+
DMTI	CanMap® RouteLogistics
DMTI	CanMap® Streetfiles 3.0
Earth Resource Mapping	Image Web Server version 1.01
Earth Resource Mapping	ER Viewer 2.0 încărcabil gratis
Earth Resource Mapping	Landsat 7 Publishing Wizard pentru ER Mapper
ERDAS	ViewFinder gratis
ERDAS	IMAGINE 8.4 Geographic Imaging Software pentru Win2000
ERDAS'	Stereo Analyst
ESRI	ArcView Image Analysis 1.1 Upgrade
ESRI	ArcInfo 8 GIS Software 8.0.1, 8.0.2
ESRI	ARC IMS 3.0
ESRI	ArcExplorer 3 (editie Java)
ESRI	ArcView GIS 3.2a
ESRI	ArcPad Wireless la 5.0.1
ESRI	PC ARC/INFO 4
	GRASS 5 beta
GEOPAK	GEOPAK 2000
Intergraph	GeoSpatial World 2001
Intergraph	New Dynamic Segmentation Analysis
Kodak	Kodak Earth Imaging
LizardTech	Chromafire
Lizardtech	MrSID Photo Edition
LizardTech	LizardTech Online Viewer 1.2
MapInfo Corporation	miSites şi miDirections
MapInfo Corporation	Introduces MapXtreme Java Edition 3.0
MapInfo Corporation	MapInfo Java-based Version of Coverage Locator
MapInfo Corporation	MapInfo to support Oracle® Internet Application Server 8I

0	1
MapInfo Corporation	Mapinfo Professional v6.0 Goes 3D & Web Active
MapInfo Corporation	MapInfo Unveils MapinHand
MapInfo Corporation	MapInfo Routing J Server
MapInfo Corporation	MapInfo Unveils CallingAreaInfo 6.0
Microsoft	MapPoint 2001
Miner & Miner	ArcFM Energy pentru Arc/Info 8
OBJECTFX Corporation	SPATIALFX 2.0
PAMAP	PAMAP GIS™ 5.2b
PCI Geomatics	Geomatics GeoGateway
RSI	V-Track 2000 GPS (Based Vehicle Tracking Product)
RTS Networks	SMMS pentru Windows 2000
RTS Networks	SMMS 3oh!
RTSe	'Route WAP'
RTSe	RouteWAP Mobile
SAFE software	FME enterprise şi SpatialDirect pentru sistemul de operare Linux
SAFE software	FME 2000
Safe Software	FME® 2000 SR1
Safe	adaugă GeoMedia reading support
SolidWorks Corporation	SolidWorks 2000
SPATIALinfo Inc	. SPATIALnet™ 1.7
SPATIALinfo Inc	SpatialFX™ 2.5
SRI International	.geo (se citeşte "dot-gee-oh"),

*) http://spatialnews.geocomm.com/newsletter/2000review/index.html, (2000), "GeoCommunity GIS LBS 2000 Year-End Review", 3 ian 2001

Tabelul A5: Comenzile de cartografiere acceptate de programul MicroCAM

Comanda	Funcția procedurii sau comenzii
0	1
A. Reprezentarea elementelor bazei matematice (proiecției cartografice)	
AITOFF	(selectează) Proiecția Aitoff
AZED	Proiecția azimutală echidistantă
AZEQAREA	Proiecția azimutală echivalentă
BONNE	Proiecția echivalentă Bonne
CEAGEN	Proiecția conică echivalentă Albers
CEIKIV	Proiecția conică echidistantă Kavraiskiy IV
CEIPOS	Proiecția conică echidistantă a lui Ptolemeu
EQUCONIC	Proiecția conică echidistantă Kavraiskiy IV
EQUIRECT	Proiecția echirectangulară
GNOMONIC	Proiecția gnomonică
HAMMER	Proiecția echivalentă Hammer
LAMBERT	Proiecția conică conformă Lambert
MERCAT	Proiecția cilindrică conformă Mercator
MILCYL	Proiecția cilindrică Miller
MOLLWEID	Proiecția echivalentă Mollweide
OMERCTA	Proiecția oblică Mercator, format A
OMERCTB	Proiecția oblică Mercator, format B
ONOPOT	Proiecția Y=longitudinea, X=latitudinea
ORTHO	Proiecția ortografică
PERSP	Proiecția perspectivă
POLYCON	Proiecția policonică
POSTEREO	Proiecția stereografică polară
RECTAN	Proiecția echirectangulară
ROBINSON	Proiecția Robinson
SINEAR	Proiecția echivalentă sinusoidală (Mercator)
STEREO	Proiecția stereografică
TMERCT	Proiecția oblică Mercator centrată pe 0°N,0°E
TMERSD	Proiecția universală transversală Mercator (UTM)
VANGRINT	Proiecția Van der Grinten
WINKEL	Proiecția Winkel Tripel
B.Reprezentarea elementelor hărții	
ARC	Desenează un arc în jurul unui centru P(φ,λ)
ARCXY	Desenează un arc în jurul unui centru P(x,y)
AXIS	Introduce valorile axelor (semiaxelor) elipsoidului
BODE	Desenează linii azimutale (de azimut dat)
BOX	Desenează un dreptunghi în punctul P(φ,λ)
BOXXY	Desenează un dreptunghi în punctul P(x,y)
BRANGE	Desenează o casetă geografică în punctul P(φ,λ)
CALIB	Calibrează scara hărții
CENTERTK	Desenează o marcă centrală în originea (axelor) hărții
CETPOT	Setează centrul hărții în punctul P(φ,λ)
CHAIN	Transferă comanda altui alt fișier de comenzi
CIRCLE	Desenează un cerc în jurul unui punct P(φ,λ)

0	1
CIRCLEXY	Desenează un cerc în jurul unui punct P(x,y)
CLIP	Calculează intersecția unei linii cu zona limitată de XY
CONFAC	Defineşte un factor de transformare (conversie)
CORNERTK	Desenează mărci în colțurile hărții
CORRIDOR	Desenează un coridor de-a lungul unui traseu dat
DB2PLOT	Desenează intreaga linie când o porțiune este între limite
DCWFILE	Proiectează un fişier de coordonate DCW ASCII
DCWTEXT	Desenează inscripțiile sau simbolurile hărții DCW
DETAIL	Setează nivelul global de detaliere (a obiectelor geografice)
DLGFILE	Proiectează un fişier de coordonate în format DLG
EATRAD	Defineşte valoarea razei Pământului (ca sferă)
ECCENT	Defineşte excentricitatea elipsoidului terestru
ELIPSERG	Desenează un arc de elipsă în jurul unui punct P(φ,λ)
ELLIPSE	Desenează o elipsă în jurul unui punct P(φ,λ)
ELLIPSXY	Desenează o elipsă în jurul unui punct P(x,y)
FEATURE	Desenează detaliile standard ale bazei de date
FILL	Umple cu un model (patern) zona cu punctul P(φ,λ)
FILLXY	Umple cu un model zona cu punctul P(x,y)
FONT	Setează stilul fonturilor
GEOFFSET	Setează translatarea geografică a punctului central
GEOLINE	Desenează o linie geodezică intre două puncte
GRDCIR	Desenează un cerc gradat în jurul unui punct P(φ,λ)
GRDCIRXY	Desenează un cerc gradat în jurul unui punct P(x,y)
GTCIRCLE	Desenează un arc de cerc mare între două puncte
INCLUDE	Include comenzile de la un al doilea fişier de comenzi
LALOTICK	Desenează mărcile (intersectiile) rețelei cartografice (φ, λ)
LGRID	Desenează rețeaua cartografică (φ,λ)
LIBRARY	Include comenzile unui fişier de comenzi al bibliotecii standard
LINE	Desenează o linie între două puncte geografice
LINEFILE	Proiectează un fişier utilizator cu P_i(φ,λ), i=1,n
LINEMODE	Alege tipul de linie (simbolul liniar)
LINEPT	Desenează detalii geografice liniare (vezi FEATURE)
LINEWT	Alege grosimea liniei
LINEXY	Desenează o linie între două puncte date prin coordonate
MAPBOUND	Introduce limitele hărții
MAPSAL	Introduce scara hărții
OPENBOX	Defineşte o casetă fără desen (zonă blanc; maxim 10 zone)
ORGOFF	Translatează originea desenului
PEN	Setează culoarea (numărul) peniței (spotului)
PKDFILE	Proiectează fişierul de format împachetat, de inaltă rezoluție
PLOTTER	Setează parametrii ploterului (vezi PEN, TEXT, STEP)
REGISTK	Desenează mărci radiale
REM	Comentarii în fişierele de cartografiere
REVRSXY	Roteşte desenul cu incremente de 90 grade
ROTATE	Roteşte desenul cu un anumit unghi
RRANGE	Desenează un şir de inele în jurul unui punct P(φ,λ)

0	1
SCRIBE	Desenează imaginea oglindită, pentru gravare
SHADE	Umple (haşurează) o zonă cu un model ales
SHADES	Specifică modelele şi toleranţele de haşurare
SHADEXY	Haşurează (umple) o zonă (x,y) pe baza unei valori
SHEET	Introduce dimensiunile (foii) hărţii pentru plotare si scalare
SPEED	Introduce viteza peniţei pentru ieşirea la ploter
STEP	Introduce incrementul de plotare pentru ieşirea CAD
SUPPRESS	Suprimă desenarea unor detalii liniare specificate ale bazei de date
SYMBOL	Desenează un simbol în punctul P(φ,λ)
SYMBOLXY	Desenează un simbol în punctul P(x,y)
SYMPT	Desenează un simbol alfanumeric într-un punct
TEXT	Desenează un text în punctul P(φ,λ)
TEXTXY	Desenează un text în punctul P(x,y)
TSLAT	Setează scara reală a latitudinii
XYLIM	Setează limitele x/y pentru hartă
XYOFF	Setează translaţiile Δx/Δy pentru punctul central
1	Desenează un text în punctul P(x,y)

Tabelul A6: Lista funcțiilor cartografice de evaluat la proiectarea unui SIG cadastral

Nr.	Funcția
	Afişarea hărţii, inclusiv ca fundal
1	**Acces la harta electronică digitală existentă pe CD-ROM la staţia de lucru, extrasă de la un server şi afişarea ca hartă fundal, formatele fiind cele standardizate, ca cele de exemplu:**
	VPF
	ADRG
	CADRG
	CRG
	ADRI
	CIB
	DNC
	VMAP
	UVMAP
	WVS ş.a.
	Alt format
2	**Selecţia din biblioteca digitală a hărţilor color în toate scările standard şi afişarea pe ecranul grafic.**
	1:50.000
	1:25.000
	1:10.000
	15.000 sau 1:2.000
	1:1000
	1:500 ş.a.
3	**Vizualizarea listei hărţilor şi selecţia uneia după nume, nomenclatură, vecinătate şi scară dintr-un directory local, pentru afişarea pe ecranul grafic**
	prin denumirea sau codul hărţii
	prin nomenclatură
	prin harta vecină cu harta deja afişată
	prin harta la o scară mai mare ca scara celei afişate
	prin harta la o scară mai mică decât scara celei afişate
4	**Vizualizarea unei liste a hărţilor după denumire, nomenclatură şi scară, ce conţin poziţia dată prin coordonate geodezice sau coordonate rectangulare în planul proiecţiei**
	după denumirea hărţii
	după nomenclatură
	după scara hărţii
5	**Realizarea funcţiilor de control general al imaginii afişate a) hărţii, printre care:**
	nivelul culorii hărţii
	strălucirea hărţii
	contrastul hărţii
6	**Vizualizarea oricărei secţiuni a hărţii sau repoziţionarea hărţii prin deplasare plană (panning) sau salt în orice directie.**
7	Mărirea (efectul de lupă) **X2, X3, X4 (de două ori, de trei ori, …)**
8	Micşorarea (efectul de lupă) **X1/2, X1/3, X1/4 (de două ori, ..)**
9	Apariţia unei ferestre minuscule pe ecran, cu imaginea întregii hărţi, având marcată porţiunea afişată într-unul din colţurile ecranului
10	Salvarea sub un nume ales a oricărei hărţi afişate
11	Posibilitatea de a selecta şi afişa un fişier hartă cu un anumit nume dintr-o listă meniu a "hărţilor memorate"
12	**Afişarea unui punct, a codului sau denumirii asociate punctului şi a coordonatelor pe hartă şi realizarea următoarelor operaţiuni:**
	Mutarea denumirii sau codului în altă poziţie
	Alegerea opţiunii de afişare sau nu a coordonatelor şi codului (denumirii)
	Resetarea coordonatelor sau denumirii la poziţia iniţială
	Afişarea codului şi coordonatelor în faţa sau după alte figuri sau straturi
	Ştergerea unui punct şi a denumirii asociate

Nr.	Funcția
13	**Alegerea de către utilizator a următoarelor opțiuni pentru determinarea unor mărimi şi afişarea lor pentru harta curentă.**
	Poziția:
	Tipul de datum (de exemplu WGS-84)
	Coordonatele geodezice (Latitudine/Longitudine)
	Coordonatele în proiecția Stereografică 1970
	Coordonatele în proiecția Gauss-Kruger sau în proiecția Universal Transverse Mercator (UTM) etc.
	Distanța:
	Kilometri
	Metri
	Timpul - data/ora
14	**Funcții de tipărire a hărții afişate, a unui strat al hărții şi a altor straturi adăugate, a unei parcele**
	Separat
	Întrunit
15	**Posibilitatea de a procesa imaginea hărții rezultată din scanare (cel puțin un format indicat, de exemplu TIFF) şi afişarea hărții "electronice", cu operațiuni ca:**
	Reasamblarea hărții la dimensiunile inițiale când formatul scanerului este mai mic decât formatul hărții şi digitizarea foii de hartă se face pe porțiuni
	Registrația porțiunilor saua întregii hărți scanate sau aducerea în sistemul de coordonate al hărții
	Memorarea şi regăsirea hărții electronice rezultate
	Afişarea ca imagine a hărții electronice
	Etc.
Proceduri (instrumente) de bază de cartografiere sau cartometrie	
16	**Măsurare (determinare):**
	Măsurare (determinare) a distanței plane şi a distanței pe elipsoid între oricare două puncte ale hărții
	Măsurare (determinare) a azimutului sau a gismentului dintre două puncte
	Măsurare (determinare) a ariei unei parcele, a unui grup de parcele contigui, materializarea pe hartă a parcelei sau parcelelor selectate
	Afişarea distanței, azimutului, orientării sau ariei măsurate (determinate) în casete separate
	Ştergerea fiecărei casete ca opțiune a utilizatorului
	Ştergerea casetei prin vizare pe un simbol anume (pentru poziție, distanță, azimut, orientare. cerc)
	Ştergerea simultană a tuturor casetelor
	Alte operațiuni
Memorare sau stocare a hărții şi a altor straturi suprapuse	
17	**Setarea şi salvarea preferințelor utilizatorului într-o sesiune de lucru (posibilități de personalizare):**
	Dimensiunea ferestrei
	Tipul datumului
	Proiecția cartografică
	Sistemul de coordonate (pe elipsoid - latitudine şi longitudine, în planul proiecției etc.)
	Poziția implicită pe hartă (butonul "home")
	Alte preferințe
18	**Posibilitatea de a crea, edita şi salva în formatele comune (CGM sau JPEG) imaginea întregului ecran sau a unor zone selectate ale imaginii, inclusiv a straturilor suprapuse, în vederea utilizării în alte programe sau de către alți utilizatori**
19	Posibilitatea de a salva ca un fişier separat stratul suprapus pe hartă, orientat sau adus în sistemul de coordonate al hărții, astfel ca acesta să fie transmis altor utilizatori din rețea: la afişarea stratului, programul trebuie să selecteze automat harta folosită ca fundal
20	**Încărcarea hărților digitizate, de pe:**
	CD-ROM
	Disc magneto-optic
	Bandă magnetică cu 16 piste
	Bandă magnetică de 8 mm

Nr.	Funcția
	Bandă audio digitală (4mm)
	Serverul (serverele) rețelei
	Generarea, afişarea şi gestionarea straturilor hărții
21	**Să existe un editor grafic care să permită utilizatorului să creeze, să şteargă şi să georeferențieze:**
	Puncte (obiecte punctuale)
	Linii (obiecte liniare)
	Zone (obiecte areale), respectiv parcele şi grupuri de parcele
	Să modifice componentele spatiale (de exemplu schimbarea obiectelor punctuale în obiecte liniare şi în obiecte areale)
	Text în diferite fonturi
	Simboluri (semne convenționale)
	Arce de cerc, de elipsă sau de parabolă
	Cercuri
	Poligoane
	Elipse
	Intr-o zonă de o anumită culoare
	Intr-o zonă co o anumită reprezentare de simbol areal (model)
	Să se deseneze manual cu locatorul anumite straturi în sistemul de coordonate al hărții, pentru a fi folosite împreună cu harta
22	**Posibilitatea de a salva stratul suprapus pe harta afişată, sub un anumit nume**
23	**Posibilitatea de a selecta dintr-o listă stratul salvat şi de a-l afişa cu harta asociată**
24	**Să aibă o interfață dinamică (API) pentru integrarea în (interactiunea cu) alte aplicații utilizator**
	Regăsirea datelor hărții pentru folosirea de către o aplicație
	Posibilitatea afişării cu o simbologie aleasă a datelor unei aplicații, ca strat suprapus pe hartă
25	**Posibilitatea realizării următoarelor activități pe harta afişată şi pe stratul suprapus:**
	Definirea unui punct de bază şi a unui punct țintă şi unirea cu un segment de dreaptă
	Să se calculeze pentru segmentul de dreaptă astfel obținut
	Azimutul sau orientarea
	Distanța
	Să se repoziționeze punctul țintă şi să se recalculeze:
	Azimutul sau orientarea
	Distanța
	Unirea mai multor segmente de dreaptă într-un traseu, plecând de la punctul de bază şi trecând prin punctele țintă succesive (tip drumuire)
	Să se calculeze pentru fiecare porțiune segment a traseului sau pentru tot traseul:
	Azimutul sau orientarea
	Distanța, respectiv suprafața dacă poligonul este închis
	Costul (de deplasare pentru lungimi sau areal, pentru poligoane)
26	**Crearea de straturi care acoperă una sau mai multe foi de hartă vecine pentru a afişa harta unei zone de interes ce cuprinde mai multe foi**
27	**Desenarea sau tipărirea la ploter/imprimantă a straturilor care acoperă una sau mai multe foi de hartă vecine, la scara hărții pe care au fost suprapuse (hărții fundal)**
28	**Activarea sau dezactivarea filtrării datelor pentru fiecare strat specificat**
29	**Selectarea unui filtru pentru strat şi introducerea parametrilor filtrului**
30	**Crearea, editarea şi afişarea straturilor:**
	Crearea de straturi cu relatii fixe față de hărți
	Selectarea straturilor dintr-o listă cu cele disponibile
	Folosirea simbologiei standard
	Afişarea simbologiei alese de utilizator din cele disponibile
	Afişarea simbologiei proiectate de utilizator
	Ataşarea de texte ale obiectelor dintr-un strat
	Specificarea parametrilor de filtrare potrivit filtrelor folosite pentru strat
	Afişarea mai multor straturi
31	**Tipărirea straturilor la scara hărții (folosită ca fundal)**

Nr.	Funcția
32	**Posibilitatea manipulării datelor stratului pe ecranul grafic**
	Posibilitatea ca operatorul să activeze sau să dezactiveze interactiv imaginile afişate ale straturilor sau elementelor straturilor
	Mutarea stratului în faţa sau în spatele altor straturi afişate
	Transformarea unui strat de la o scară a hărţii la alta
	Repozitionarea obiectelor unui (pe un) strat
	Redimensionarea obiectelor individual sau în grup
	Afişarea obiectelor în faţa/ţnapoia altor obiecte
	Afişarea informaţiei de stare a obiectelor selectate (de exemplu parcelelor)
	Selectarea unui obiect şi obţinerea informaţiilor detaliate despre acel obiect în fereastra afişată
	Posibilitatea de reîmprospătare a imaginii afişate de fiecare dată când au fost modificate datele, fără redesenarea hărţii fundal
33	**Posibilitatea actualizării automate a bazei de date după modificările realizate de sistem sau comandate de utilizator asupra fiecărui obiect (simbol) al hărţii sau asupra unui grup de obiecte (simboluri)**
34	**Manipularea obiectelor unui strat să nu modifice informaţiile bazei de date decât la cererea (cu confirmarea) utilizatorului**
35	**Posibilitatea ca în bara (caseta) de stare să se prezinte informaţii privind:**
	Progresul receptării datelor stratului
	Dacă s-au primit date ce nu fac parte din strat
	Activarea stratului
	Insuficienţa datelor primite (recepţionate)
Posibilitatea evaluării parcelelor	
36	**Acces la colecţiile de date digitale şi procesarea acestora pentru straturile de analiză a terenului şi de evaluare a parcelelor**
	DFAD
	DTED (MDA)
	ITD
	TTD
	DCW
	DTOP
	Etc.
37	**Posibilitatea analizei de către operator a semnificaţiei detaliilor regionale (importante) ale zonei, prin interogarea bazei de date spaţiale şi obţinerea, filtrarea şi afişarea straturilor:**
	Topografic general
	Cadastral, pe tipuri de cadastru
	Hidrografic
	Reţeaua de transport
	Frontiere şi limite administrative
	Economic
	Industrial etc.
	Climatic (eventual combinat cu altă BD)
	Demografic (eventual din altă BD)
	Cultural (eventual combinat cu altă BD)
	Toponimic (eventual combinat cu altă BD)
	Istoric (eventual combinat cu altă BD)
	Juridic etc..
	Factori de limitare a dezvoltării (eventual combinat cu altă BD)
Date şi straturi referitoare la teren	
40	**Posibilitatea afişării datelor digitale referitoare la teren despre orice detalii ale terenului, identificate în specificaţii (strat text sau strat cartografic), detaliile terenului incluzând:**
	Reţeaua de transport (drumuri, poduri, căi ferate)
	Hidrografia (râuri, pâraie, bazine hidrografice, lacuri)
	Altitudini (modelul digital altimetric)
	Parcele cadastrale pe tipuri de cadastru
	Zone construite şi localităţi (obiecte areale)

Nr.	Funcţia
	Frontiere şi limite administrative
	Parcele ale organizaţiilor comerciale
	Parcele silvice
	Informaţii privind suprafaţa terenului (inclusiv tipurile de soluri)
41	**Posibilitatea de a integra alte date în analiza şi straturile terenului**
CERINŢE SPECIFICE DIFERIŢILOR UTILIZATORI, PRIN FOLOSIREA ŞI A ALTOR BAZE DE DATE	
42	Posibilitatea rotirii hărţii, fără modificarea poziţiei centrului zonei sau scării, iar semnele convenţionale şi simbolurile să fie orientate mereu spre sensul spre în sus al axei verticale a ecranului
43	Posibilitatea afişării legendei şi informaţiilor referitoare la metadate
44	Posibilitatea definirii dimensiunilor, formei şi conţinutului legendei referitoare la metadate, legenda fiind definită de un identificator
45	Posibilitatea înlăturării legendei, legenda fiind definită de un identificator
46	Posibilitatea modificării legendei (modificarea dimensiunilor, formei şi conţinutului legendei), legenda fiind definită de un identificator
47	Posibilitatea vizualizării sau nevizualizării legendei, legenda fiind definită de un identificator
48	Posibilitatea regăsirii şi întreţinerii informaţiilor referitoare la produsele digitale sau analogice realizate (data realizării, data ultimei actualizări, denumirea, nomenclatura, eventual seriile, precizia şi rezoluţia)
49	Metadatele produsului digital: posibilitatea regăsirii şi transmiterii informaţiilor pentru o fereastră a hărţii specificate sau un strat al acesteia, afişându-se şi denumirile tuturor produselor digitale pentru fereastra dată sau pentru stratul dat, potrivit unui identificator (al ferestrei sau stratului)
50	Posibilitatea afişării scării grafice, numerice sau naturale
51	Metadatele detaliilor (obiectelor): posibilitatea solicitării, regăsirii şi furnizării metadatelot obiectelor (detaliilor), dându-se un identificator al clasei obiectului (detaliului); se va face interogarea şi vor fi transmise informaţiile referitoare la detaliile solicitate
52	Metadatele referitoare la precizia detaliilor: posibilitatea regăsirii şi furnizării informaţiilor referitoare la precizia detaliului sau clasei de detalii (detaliu sau clasă date printr-un identificator)
53	Metadatele referitoare la precizia produsului digital: posibilitatea regăsirii şi furnizării informaţiilor referitoare la precizia produsului digital, dându-se identificatorul produsului
54	Metadatele referitoare la lista hărţilor: posibilitatea interfaţării pentru obţinerea unei liste a hărţilor disponibile, listă ce va fi disponibilă pentru o aplicaţie şi trebuie să conţină denumirea hărţii, tipul, scara, zona acoperită, poziţia şi alte informaţii necesare
55	Selecţia hărţii: posibilitatea desemnării pentru afişare a unui produs hartă necesar unei aplicaţii
56	Metadatele referitoare la alte produse digitale: posibilitatea interfaţării pentru obţinerea unei liste a altor produse afişabile disponibile; lista va conţine rezultatele salvate ale analizei, straturile salvate ale hărţii şi bazei de date spaţiale cu obiectele (detaliile) şi alte date
57	Modificarea scării hărţii
58	Calculul distanţelor pe elipsoidul de referinţă
59	Păstrarea preciziei relative a datelor din sursele de date pentru toate produsele digitale care se realizează, toate calculele geodezice făcându-se cu algoritmi riguroşi conform preciziei standard
60	Posibilitatea furnizării şi afişării coordonatelor ce definesc poziţia unui detaliu, precizia poziţiei fiind cea standard; concomitent va fi furnizat şi identificatorul obiectului dispus în acea poziţie
61	Posibilitatea furnizării şi afişării cotei unui punct marcat pe hartă, presupunând că a fost memorat modelul digital altitudinal (MDA)
62	Posibilitatea realizării şi întreţinerii mai multor biblioteci de simboluri şi existenţa unui mecanism de selecţie a unei biblioteci primare sau implicite
63	Posibilitatea scalării simbolurilor din bibliotecile proiectate, în două moduri - în primul mod dimensiunile simbolului să rămână constante la mărirea sau micşorarea scării hărţii (la efectul de lupă sau zoom), iar în al doilea mod dimensiunile simbolului să se modifice în acelaşi mod ca şi scara întregii hărţi
64	Posibilitatea gestionării simultane a mai multor ferestre separate şi distincte, fiind furnizată şi o listă a ferestrelor gestionate pentru o aplicaţie de interogare
65	Posibilitatea accesării şi furnizării poziţiei unui cursor grafic (marcă) existent pe ecran, deplasabil cu ajutorul unui locator (de exemplu mouse) în zona activă a ferestrei selectate

Nr.	**Funcția**
66	Controlul straturilor hărții
67	Posibilitatea utilizării operațiilor de suprapunere a straturilor pentru controlul asamblării straturilor hărții
68	Posibilitatea inserării unui nou strat într-o fereastră a hărții, adică a suprapunerii unui strat peste o hartă ce este considerată ca fundal
69	Posibilitatea ştergerii unui strat al hărții, harta rămasă nefiind distrusă
70	Posibilitatea transferării unui strat sau a mai multor straturi de la o hartă la alta, straturile fiind definite de identificatori
71	Posibilitatea schimbării între ele a straturilor a două hărți diferite
72	Posibilitatea reordonării straturilor unei hărți, fiind dată o listă a straturilor
73	Posibilitatea definirii unui descriptor de prioritate ca parte a definirii unui strat, prioritatea putând fi asignată şi folosită de către o aplicație decizională
74	Posibilitatea actualizării unui strat al hărții dintr-o fereastră, în timp real uneori, cu folosirea bibliotecilor de simboluri
75	Posibilitatea desemnării unui strat ca strat fundal al hărții, pentru fereastra activă, stratul de fundal nefiind actualizat
76	Existența procedurilor de editare a unui strat, astfel ca atributele obiectelor hărții din compunerea stratului să poată fi modificate
77	Posibilitatea ca toate straturile asignate unei ferestre hartă să fie scalate odată cu scalarea hărții
78	Existența procedurilor de mutare a unui strat, astfel ca pozițiile spațiale ale tuturor obiectelor (asignate) stratului să poată fi modificate, dar să nu modifice obiectele vecine definite prin date raster (pixeli)
79	Posibilitatea ascunderii unui strat pentru anumite aplicații
80	Expunerea unui strat pentru anumite aplicații, printr-un identificator
81	Existența procedurilor ca un strat ascuns sau expus să devină vizibil
82	Posibilitatea redesenării sau reîmprospătării unui strat
83	Posibilitatea asignării unui strat a unei nuanțe de culoare (de exemplu din 256 de nuanțe)
84	Posibilitatea asignării unei nuanțe de culoare unui strat fundal al hărții
85	Posibilitatea reglării intensității culorii unui strat specificat al hărții
86	Posibilitatea adăugării unui obiect (unor obiecte) unui strat specificat al hărții
87	Posibilitatea ştergerii unui obiect (unor obiecte) dintr-un strat specificat al hărții
88	Posibilitatea afişării razei vizuale (liniei de vedere) pe un profil, opțional
89	Posibilitatea afişării zonelor văzute şi nevăzute dintr-un punct sau din mai multe puncte concomitent
91	Posibilitatea calculului şi afişării profilelor pe diferite direcții
92	Afişarea imaginii color sau umbrite a reliefului pe baza MDA
93	Calculul şi afişarea curbelor de nivel şi zonelor de egală pantă pe baza MDA.

Anexa B: Rezultatele restituției fotogrammetrice analitice

a) Restituție analitică -stecometru
1) Precizia orientării relative varianta 1

Coordonatele punctelor de reper (m)

NP	X	Y	H	NP	X	Y	H
161	12890.69	14495,31	210.39	201	11238.69	14332.24	148.42
169	12798.02	17482.62	121.70	209	17198.28	17439.83	117.24

Coordonate măsurate (mm)
Stereograma 2541-2543, 13 puncte

001	216.930	356.840	133.788	144.649	002	428.946	357.407	133.786	143.908
003	428.792	145.423	133.047	143.876	004	216.771	144.827	133.032	144.639
169	314.865	357.416	213.939	147.379	209	415.113	359.305	213.933	145.225
161	314.830	168.311	212.305	146.653	201	417.904	165.551	209.814	145.080
165	308.880	256.043	213.941	146.930	205	413.005	260.325	211.761	145.001
199	378.811	359.427	214.034	146.001	185	359.776	264.566	213.019	146.000
181	360.722	163.767	210954	142.946					.

camera fotogrammetrica nr. 12

	1	2	3	4	distanta	p.pr. H
x	-106.004	106.004	106.004	-106.004	212.010	0.000
y	106.005	106.005	-106.005	-106.004	212.010	0.000

ck=153.040

corectarea deformarii filmului

m	f	kx	ky	a	b
1	1	1.000013	0.999950	0.999990	-0.002766
1	2	1.000040	1.000046	0.999993	0.000770

discordante dupa corectarea deformarii filmului (mm)

	fotograma 1		fotograma 2	
1	-0.006	0.009	-0.003	0.005
2	0.001	-0.010	-0.004	-0.006

orientarea relativa modelul 1
bx=-79.179 by=-1.626 bz=-0.440 a=-0.014170 b=-0.005314 c=0.003222
e.m.p.u.p.=0.0051 pymax=0.0065 mm in punctul 199

orientarea absoluta
rk=16.008636 a=-0.9461668 b=0.0019250 c=0.0128154
e.m.p.u.p.=0.377
corectii in punctele de reper (m)

161	0.388	-0.202	-0.057	201	-0.027	0.310	0.059
169	-0.165	-0.461	0.081	209	-0.196	0.353	-0.082

coordonatele calculate ale punctelor (m)

nr.p.	x	y	h	nr.p.	x	y	h
161	12890.305	14495.512	210.446	165	12939.477	15869.984	196.209

169	12798.187	17483.082	121.618	185	12135.328	15965.832	161.129
181	12167.488	14366.465	175.626	199	11779.902	17468.086	118.830
209	11198.480	17439.477	117.321	205	11274.398	15857.562	130.441
201	11238.918	14331.930	148.360				

coordonatele calculate ale punctelor de restituție (m)

nr.p.	x	y	h	nr.p.	x	y	h
151	13200.148	14282.535	205.549	161	12890.305	14495.512	210.446
163	13027.402	15169.500	222.152	165	12939.477	15869.984	196.209
166	12810.445	16254.141	168.941	169	12798.187	17483.082	121618
188	12119.184	17037.844	120.488	187	12075.137	16506.145	135.502
185	12135.328	15965.832	161.129	184	12168.359	15438.051	158.007
181	12167.488	14366.465	175.626	199	11779.902	17468.086	118.830
196	11682.883	16251.574	130.923	195	11613.809	15968.719	133.779
193	11733.434	15123.113	148.502	191	11689.164	14353.887	159.275
209	11198.480	17439.477	117.321	207	11212.141	16642.578	119.602
205	11274.398	15857.562	130.441	203	11251.887	15152.016	140.290
201	11238.918	14331.930	148.360	211	10997.562	14302.488	143.346

Fig. B.1 Reprezentarea plană şi perspectivă a izocurbelor corecțiilor pe direcția OX pentru tripletul 2613, 2614 şi 2615

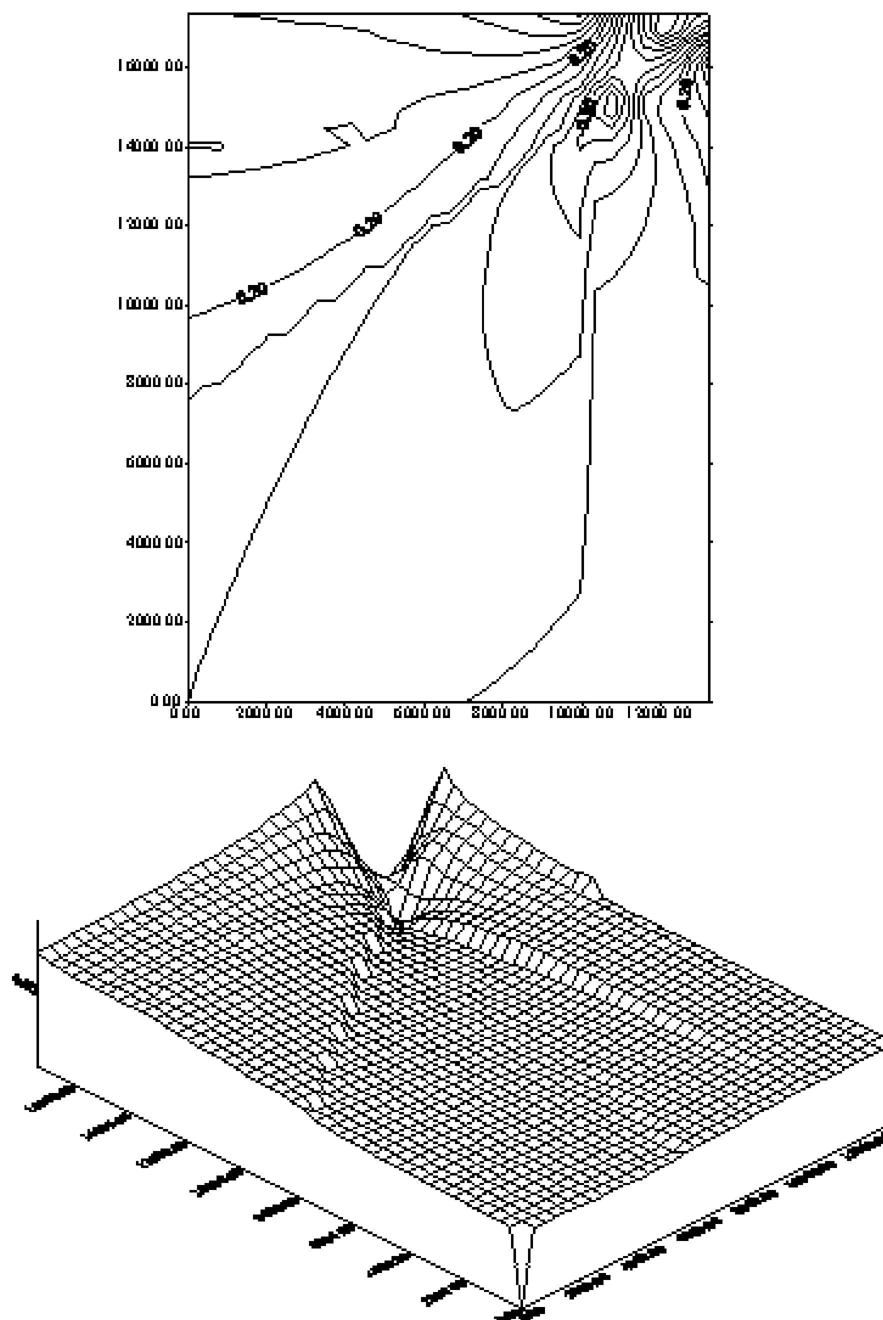


Fig. B.2 Reprezentarea plană şi perspectivă a izocurbelor corecțiilor pe direcția OY

pentru tripletul 2613,2614 şi 2615

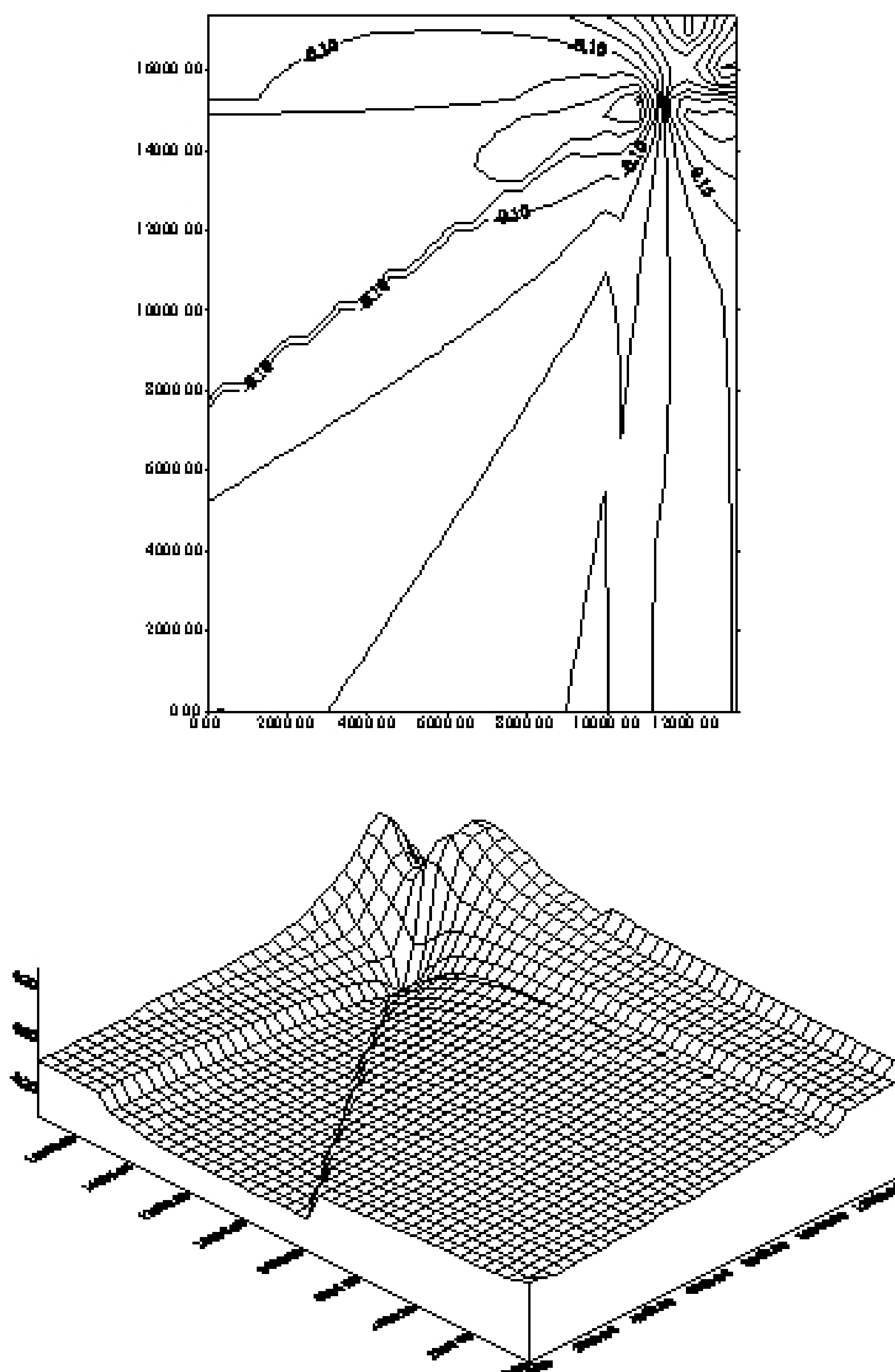
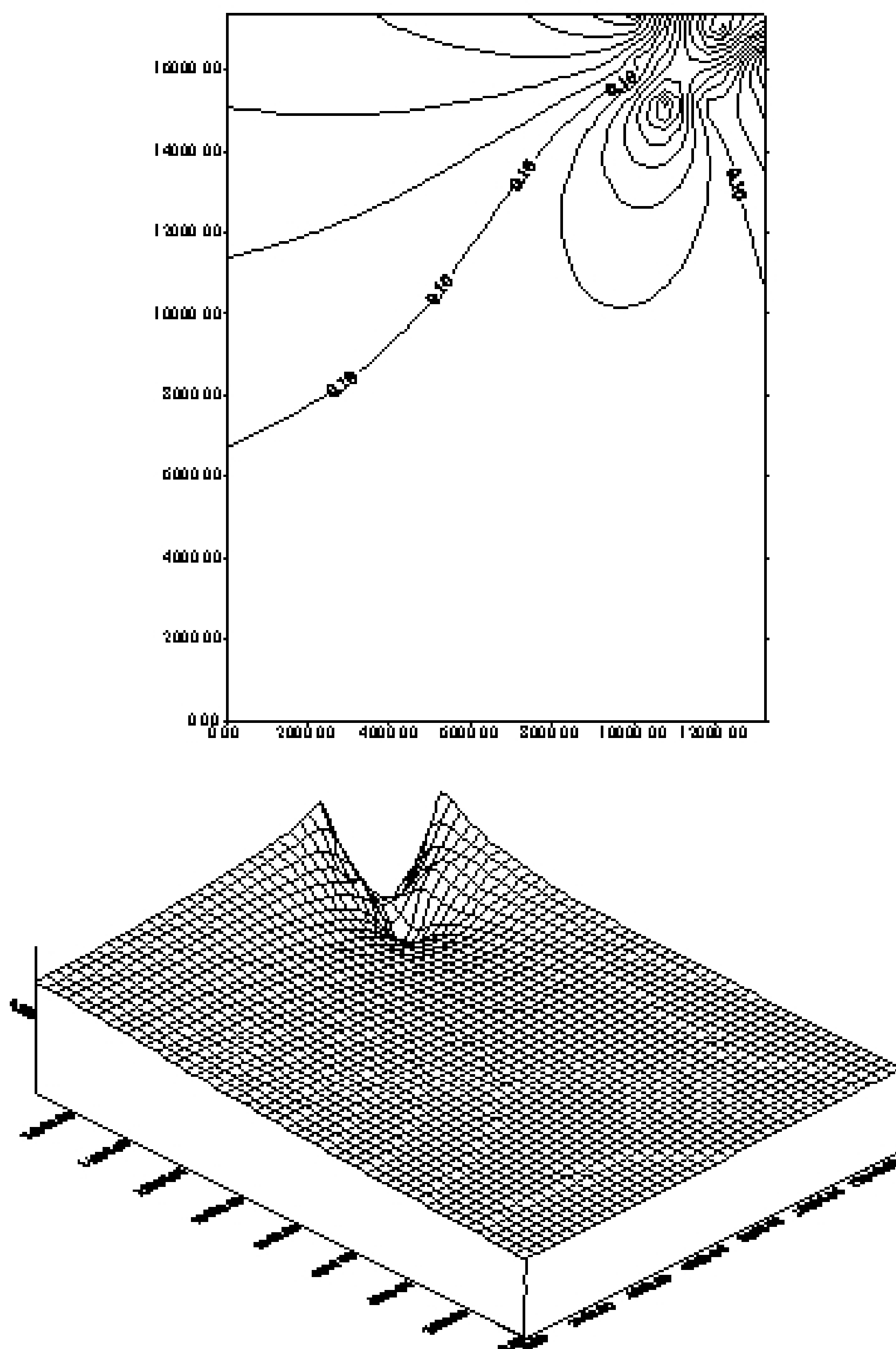


Fig. B.3 Reprezentarea plană şi perspectivă a izocurbelor corecțiilor pe direcția OZ pentru tripletul 2613, 2614 şi 2615



Anexa C: Rezolvarea unor probleme cartografice dificile



Fig. C.1 Inscripții suprapuse şi nesuprapuse

a) Plasarea inscripțiilor

Cazul de mai sus poate apare foarte des, mai ales pentru zonele cu o densitate mare a obiectelor geografice (cartografice). Exemplul dat este sugestiv pentru inscripțiile bazei matematice. Rezolvarea se face prin realizarea unei rutine în ArcPlot, folosind un algoritm de determinare a intersecției a două poligoane definite de punctele de pe conturul celor două inscripții. Algoritmul se aplică succesiv la toate inscripțiile, luate două câte două (C_n^2 perechi). Textul este plasat unde nu apare zonă de conflict.

În dreapta se arată cazul rezolvat, unde inscripțiile nu se suprapun.

b)Suprapunerea detaliilor

Din cauza dimensiunilor semnelor convenționale, cu mult mai mari decât cele reduse la scară ale obiectelor din teren, apare conflictul de suprapunere. Apare necesitatea deplasării elementelor (semne convenționale şi texte), pe direcții determinate de centrul de greutate al semnelor şi fiecare semn în parte. Mai jos este dat cazul simplificat al unor detalii. Pentru rezolvare s-a întocmit proceduri în AML.

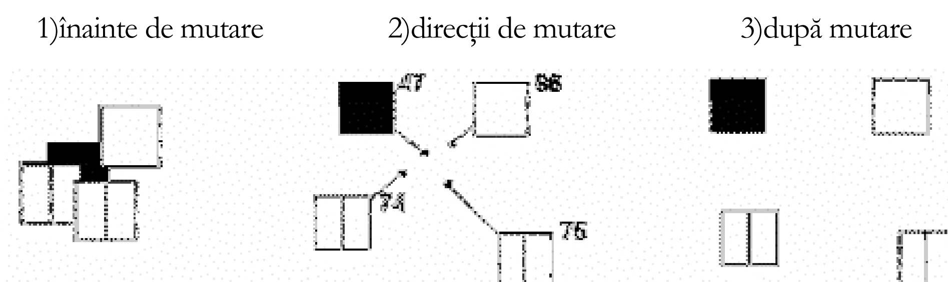


Fig. C.2 Deplasarea obiectelor

S-a întocmit o rutină în limbaj AML, s-a introdus în modulul ArcEdit al sistemului Arc/Info.. Distanța determinată cu funcția (comanda) POINTDISTANCE determină ce detalii trebuie mutate. Inscripțiile sunt mutate în funcție de noile poziții ale detaliilor.

c)Generalizarea detaliilor punctuale prin detalii areale

Şi aici este arătat un caz exagerat, dar care se poate întâlni când se trece peste câteva scări. Mai multe detalii punctuale dintr-o anumită zonă se înlocuiesc cu un detaliu areal. Rutina întocmită determină automat punctele unui poligon ce cuprinde în interior toate punctele ce definesc pozițiile detaliilor punctuale de acelaşi tip (cod). Noului detaliu areal i se acordă un cod şi se va genera prin desen noul mod de reprezentare. Linia de contur este

netezită şi i se atribuie eventual şi acesteia un cod, respectiv un simbol. Mai jos se arată principiul simplificat de rezolvare.

1)înainte 2)după generare obiect nou 3)noua reprezentare

Exemplele sunt date din atlasul hărților în proiecția UTM.

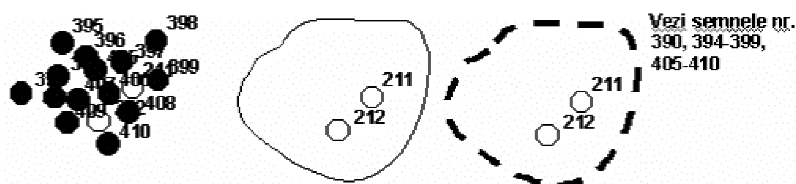
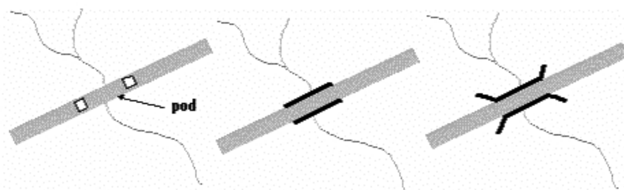


Fig nr. C.3 Integrarea obiectelor punctuale ca obiecte areale

d)Simbolizarea complexă

Un exemplu este cel al *podurilor*, care trebuie reprezentate automat ca detalii complexe, în sensul că trebuie să respecte toate condițiile rezultate din detaliile de care să se țină seama, respectiv drumuri, râuri şi văi, chiar dacă acestea aparțin unor straturi diferite. Atributele pentru poduri pot fi memorate în stratul drumurilor. Cazul poate fi întâlnit şi pentru alte tipuri de detalii. Mai jos se observă în cazul 1 cele două puncte care poziționează podul. Rutina întocmită foloseşte comanda (funcția) COPY PARALLEL pentru a genera segmente de dreaptă pe cele două părți ale drumului (2), lățimea semnului convențional pod fiind determinată de lățimea semnului convențional drum. Se determină apoi celelalte elemente ale simbolului. Arcurile (în sens topologic) definite se pot memora într-un nou strat. Problemele presupun doar folosirea formulelor geometriei computaționale. Cele de mai sus sunt implementate şi în generatorul de semne convenționale.



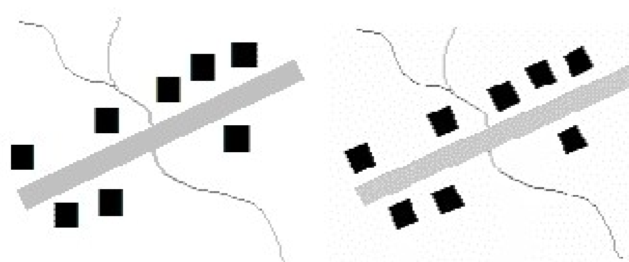
1) determinarea poziției 2) segmente paralele 3) noul simbol

Fig. C.4 Generarea semnului convențional de pod

Gestionarea ca obiecte a celor trei detalii implică şi memorarea relațiilor cu obiectele vecine.

Alt exemplu de simbolizare complexă este cel al *reprezentării clădirilor* de o parte şi de alta a drumului, prin simboluri în afara scării (punctuale), orientarea simbolurilor fiind determinată automat. Rutina determină automat orientarea clădirii, în funcție de orientarea drumului. Simbolurile pot fi rotite individual. Simbolurile ce se rotesc pot fi alese şi interactiv. Locatorul serveşte în acest caz pentru introducerea datelor.

Se vede în figura de mai jos simplitatea rezolvării problemei.



1)înainte de reprezentare 2)după reprezentare

Fig. nr. C.5 Alinierea caselor

Se poate concluziona că folosind macrolimbajul de programare AML al lui ARC/INFO sau macrolimbajul altui pachet de programe (de exrmplu al lui IDRISI), se pot crea proceduri pentru rezolvarea unor probleme cartografice dificile. Interactivitatea permite cartografului să ia decizii chiar pe timpul desfăşurării procesului de cartografiere. Cele de mai sus nu epuizează problemele extrem de complexe ale reprezentării cartografice, care vor apare pe măsura implementării realizării de noi produse SIG.

e) Generarea semnelor convenționale areale

Sunt arătate trei obiecte areale cu acelaşi cod, cu generarea reprezentării doar pentru două. Prin concatenarea celor trei obiecte se determină noul obiect. Se va demonstra că noile haşuri se suprapun perfect peste cele vechi, realizându-se uşor racordarea mai multor foi de hartă.

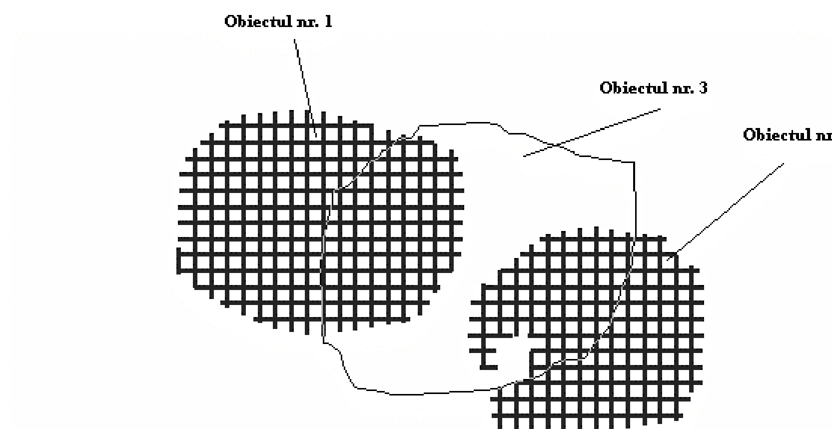


Fig. C.6 Trei obiecte areale

Mai sus este dată reprezentarea grafică a noului obiect după determinarea conturului comun al celor trei obiecte areale distincte. Se poate vedea uşor că au fost reprezentate prin racordare corectă, atât contururile obiectelor areale, cât şi haşurile cu care este simbolizat obiectul areal.

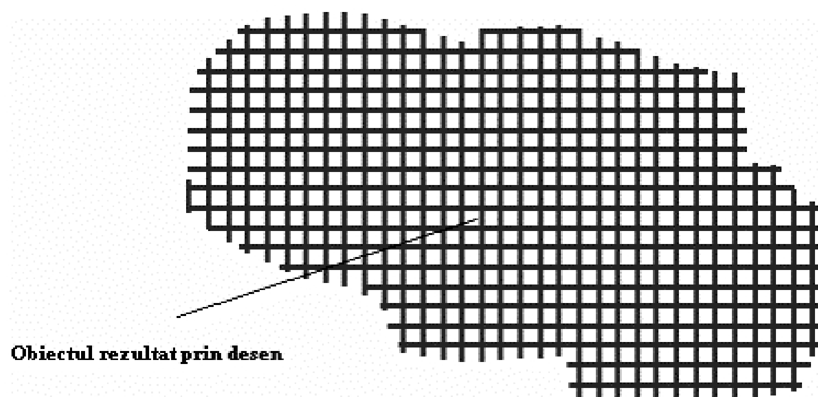


Fig. C.7 Obiect areal unificat

Se intenţionează a se demonstra că prin metoda descrisă de generare a semnelor convenţionale areale racordarea nu mai pune probleme pentru o familie de foi vecine şi nici pentru detaliile areale diferite ale aceleiaşi foi de hartă. Reprezentările sunt făcute cu programele autorului.

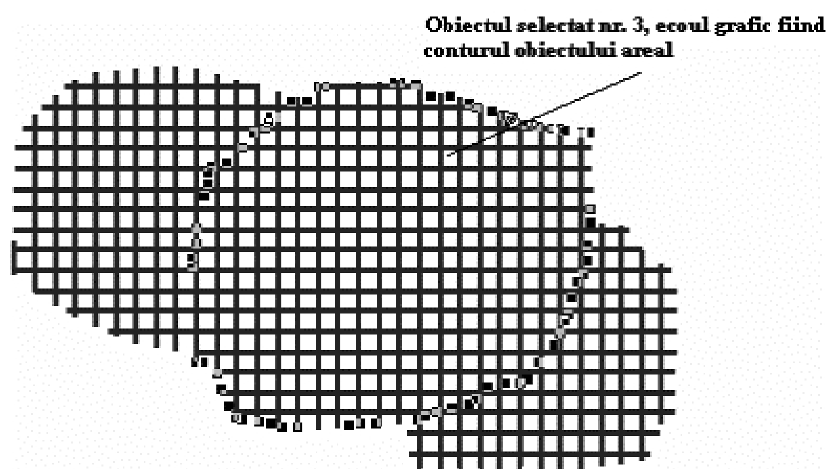


Fig. C.8 Obiecte areale distincte, reprezentare unificată

Nu se observă nici o eroare a celor trei semne convenţionale, ele par unul singur.

La selecţia unui obiect se foloseşte cu succes ecoul grafic pentru confirmarea selecţiei corecte (marcarea cu altă culoare a punctelor conturului şi cu un semn convenţional punctual ales). S-au modificat doar parametrii de desenare ai semnului convenţional (pentru a se putea face o comparaţie cu cele trei obiecte iniţiale.

Drept concluzii rezultă corectitudinea algoritmilor şi programelor, acurateţea reprezentărilor, înlăturarea neajunsurilor racordării elementelor aceleiaşi foi de hartă şi chiar a tuturor hărţilor aceleiaşi zone pe care se reprezintă unele elemente comune.

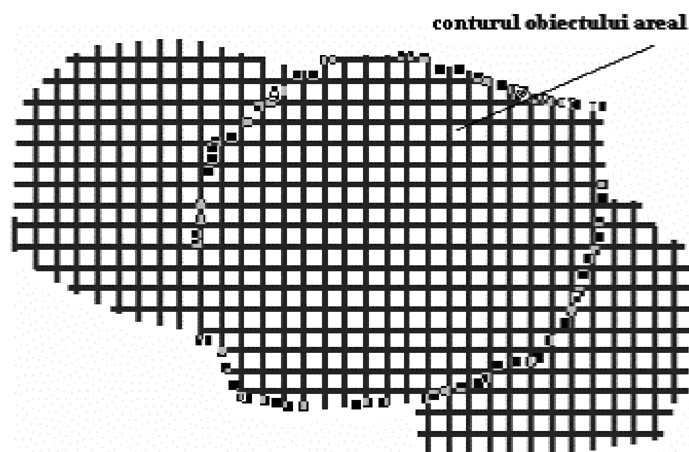


Fig. C.9 Obiecte areale distincte, un obiect selectat

Mai sus se demonstrează existența celor trei obiecte distincte în baza de date, prin selecția unui singur obiect din cele trei existente. Conturul obiectului selectat se reprezintă cu un simbol liniar distinct, de o anumită culoare. Ecoul grafic demonstrează corectitudinea selecției.

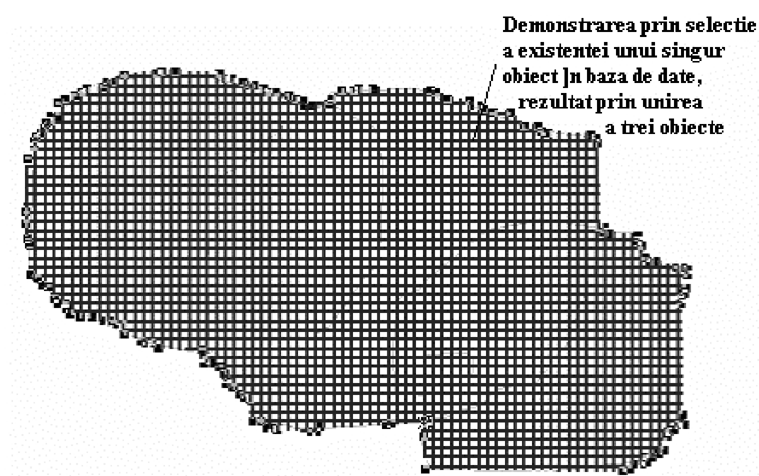


Fig. C.10 Obiectul final cu altă reprezentare

Anexa D: Interpretarea imaginilor

a) Interpretarea imaginilor

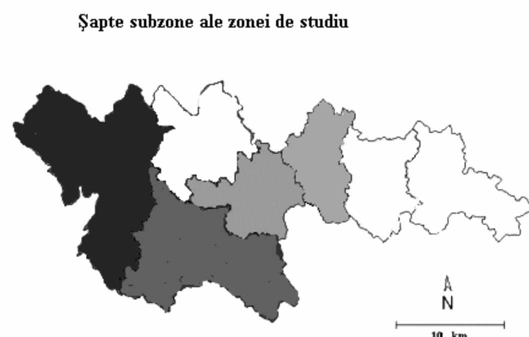


Fig. D.1 Subzonele zonei de testare

Pentru una din aceste subzone, în urma clasificării imaginilor au rezultat câteva produse SIG foarte interesante. Acestea sunt prezentate în continuare.

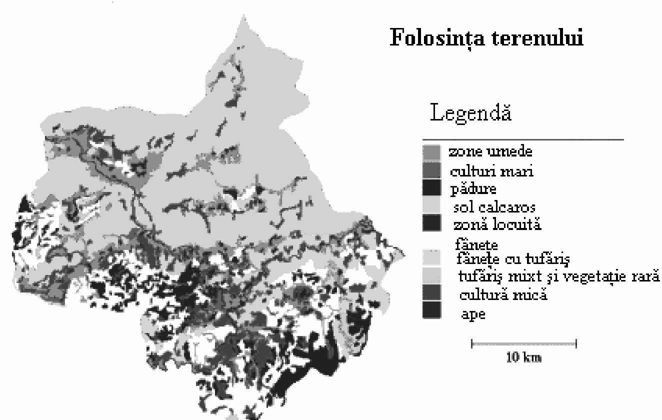


Fig. D.2 Folosinta terenului

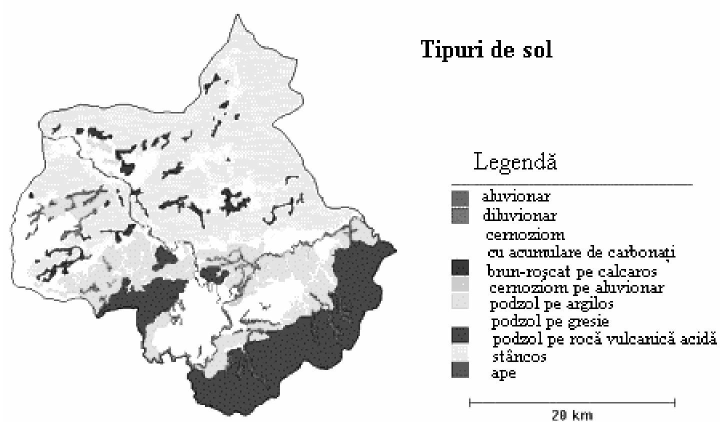


Fig. D.3 Tipuri de sol

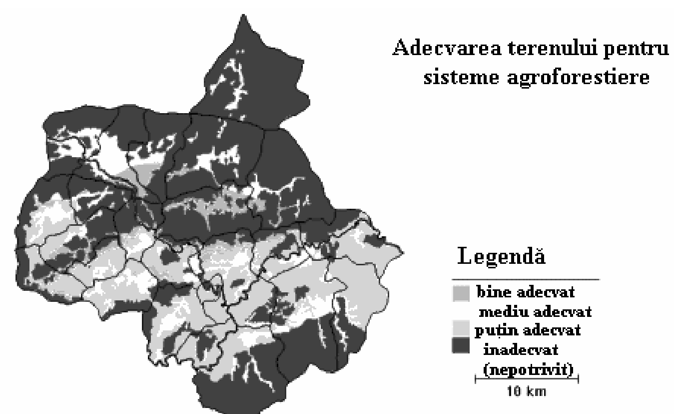


Fig. D.4 Adaptarea terenului pentru zone agroforestiere

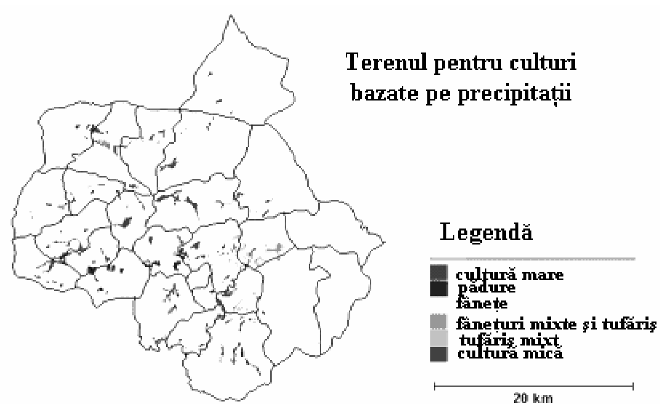


Fig. D.5 Terenul pentru culturi bazate pe precipitații

Aici prin culturile bazate pe precipitații se înțelege culturile neirigate.

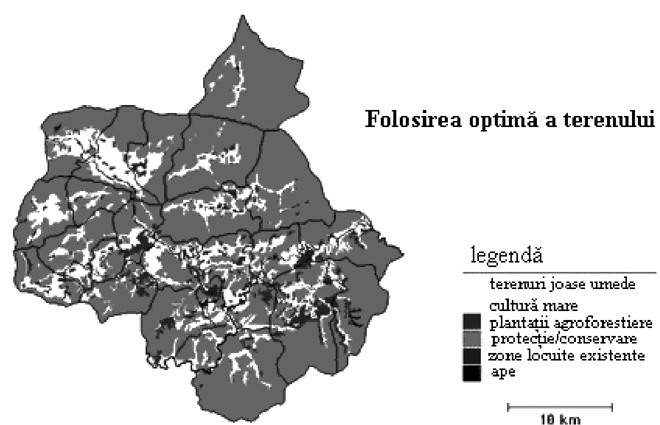


Fig. D.6 Folosirea optimă a terenului

Sunt doar propuneri, care nu au nici o legătură cu situația "de facto", pentru a nu da naştere la interpretări nedorite.

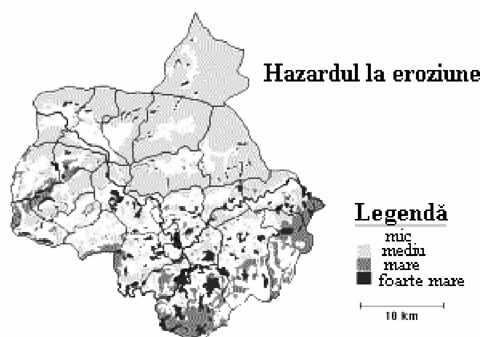


Fig. D.7 Hazardul la eroziune

Situația actuală a unor terenuri, mai ales pentru zonele cu fenomene instabile (inundații, alunecări de teren, degradarea solului etc.) accentuează rolul predicției în utilizarea SIG.

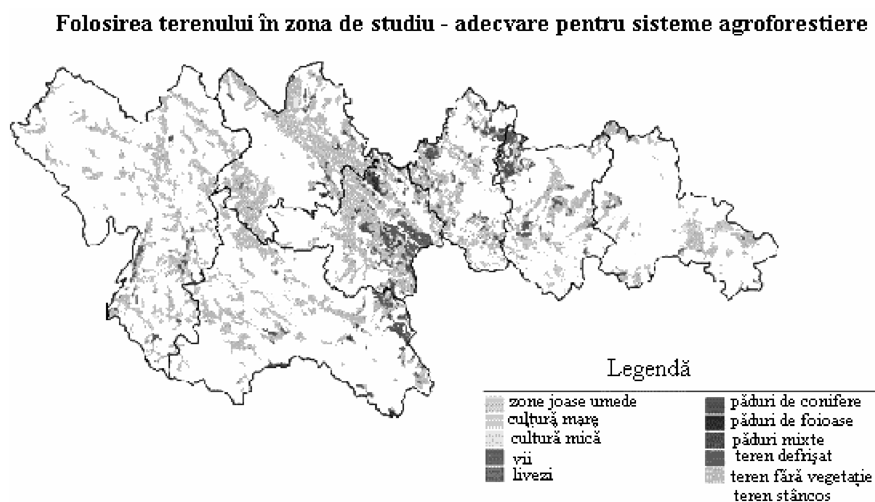


Fig. D.8 Folosirea terenului în întreaga zonă de studiu

Şi aici concluziile sunt foarte interesante. Pentru interpretare grosieră se folosesc înregistrările de teledetecție la scări mici, apoi, pentru determinări mai precise, înregistrările sateliților SPOT sau ERS. Cele mai precise rezultate se obțin cu înregistrări de teledetecție din avion, incluzând în acestea şi înregistrările fotogrammetrice preluate cu camere metrice, cât şi cele fotografice preluate cu camere nemetrice.

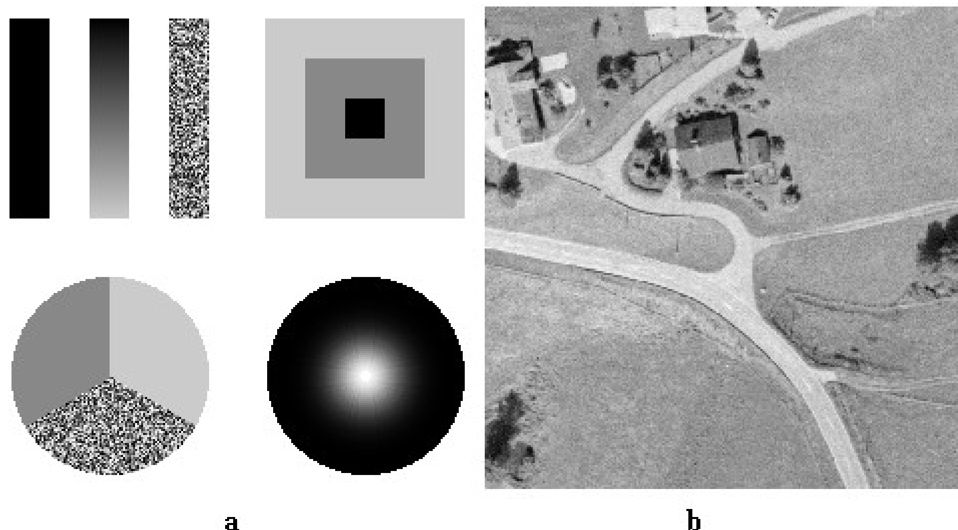
.

.



Fig. D.9 Fereastra de lucru a modulului Express al sistemului ERDAS Imagine, cu care au fost realizate unele produse

b) Testarea separată a filtrelor de detectare a limitelor detaliilor



1. Fig. D.10 Imaginile inițiale: a) sintetică (256x256) şi b) fotografică (512x512)

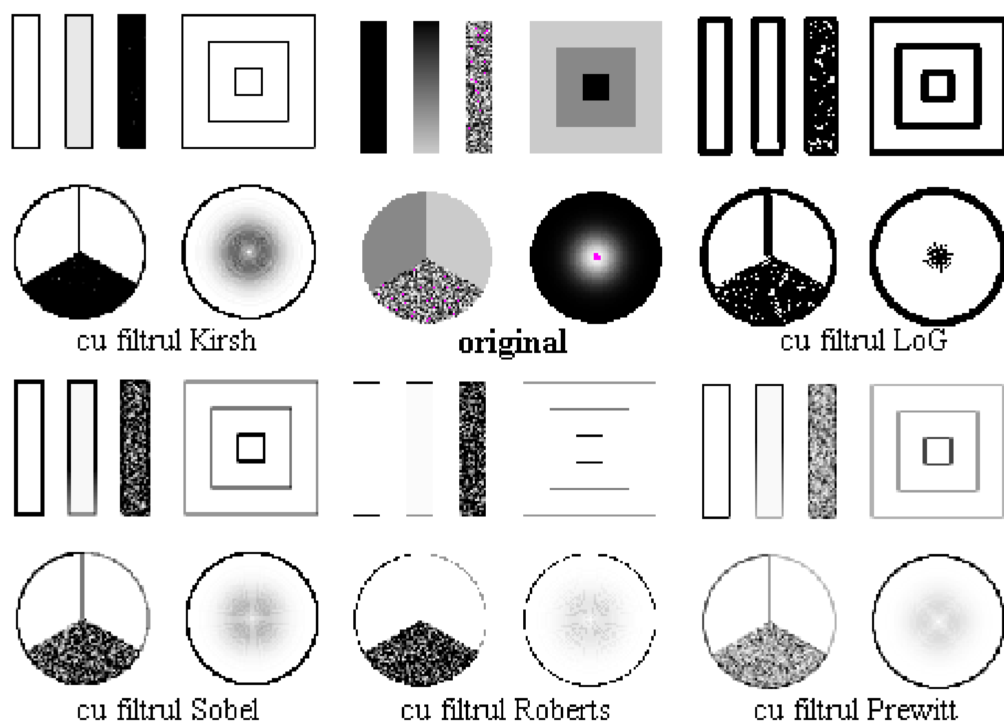


Fig. D.11 Limite detectate pentru imaginea sintetică

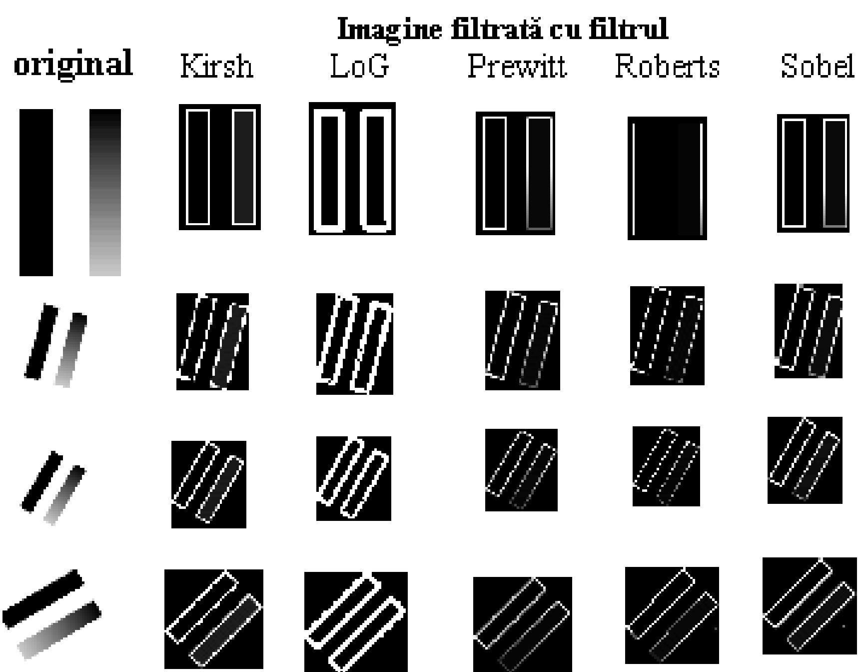


Fig. D.12 Limite detectate pentru imaginea sintetică înclinată

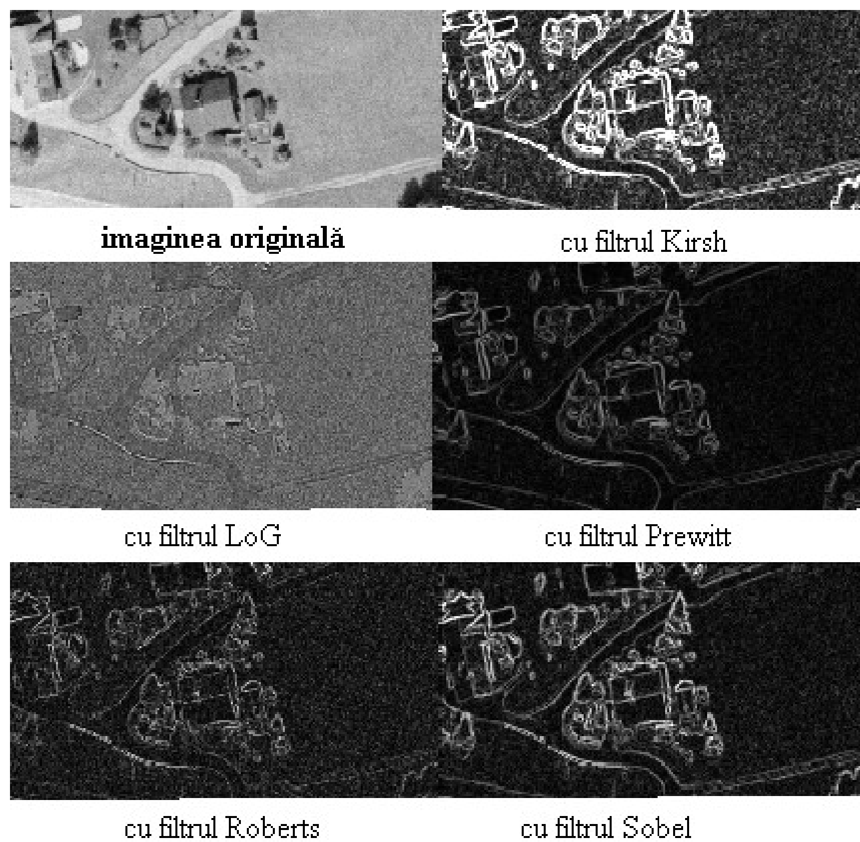


Fig. D.13 Limite detectate pentru imaginea fotografică

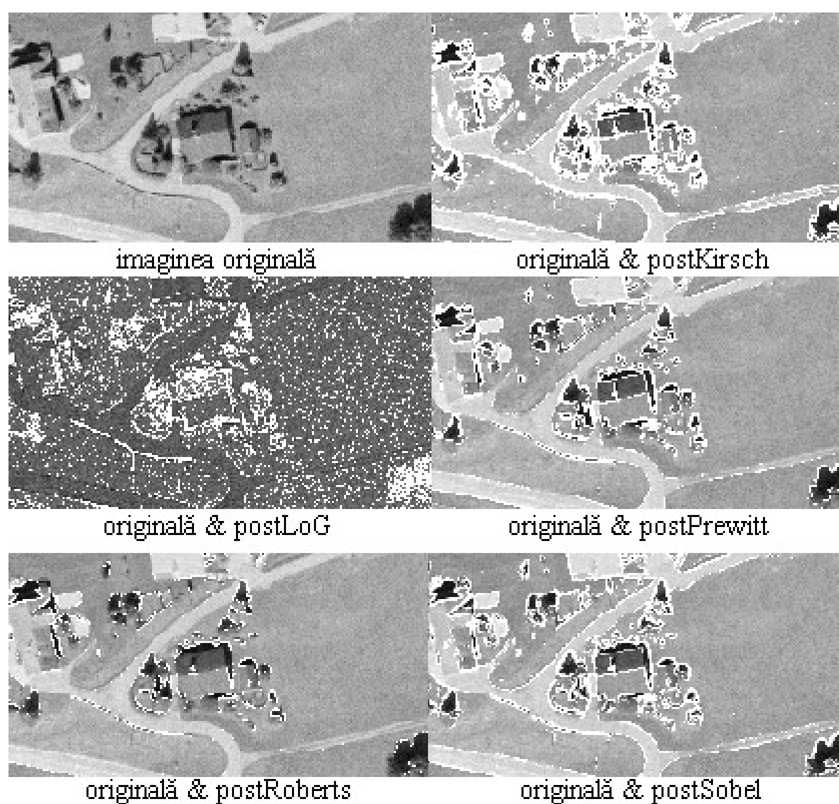


Fig. D.14 Imagini combinate din imaginea inițială şi imaginea limitelor detectate cu diferite filtre

Anexa E. Exemple de produse ale SIG

a)Hărți topografice

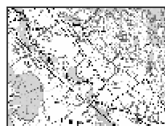


Fig. E.1 Harta topografică la scara 1:50.000

b)Planuri topografice şi tematice

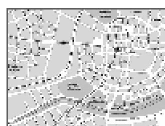


Fig. E.2 Planul la scara 1:15.000

c)Hărți tematice (speciale)

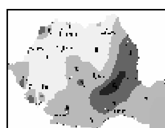


Fig. E.3 Harta zonelor seismice

d)Hărți derivate din modelul digital altimetric

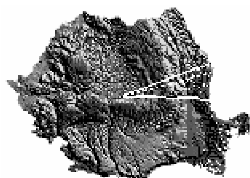


Fig. E.4 România - harta în relief

e)Imagini

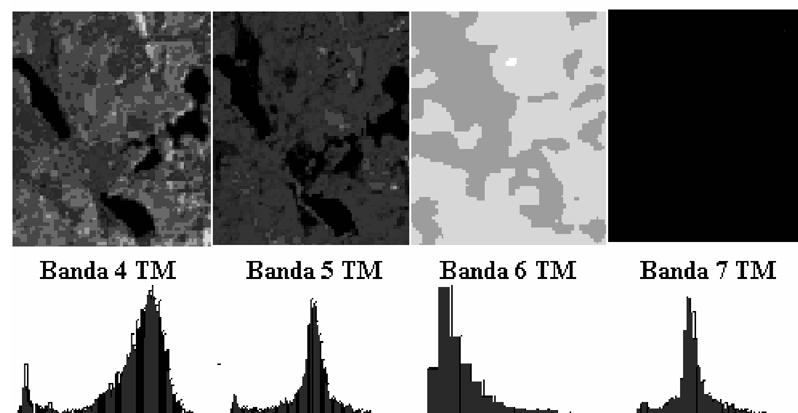


Fig. E.5 Fotograma



Fig. E.6 Stereograma

Fig. E.7 Înregistrări de teledetecție Landsat (imagini originale color, transformate)



f) Produse extrase din MDA

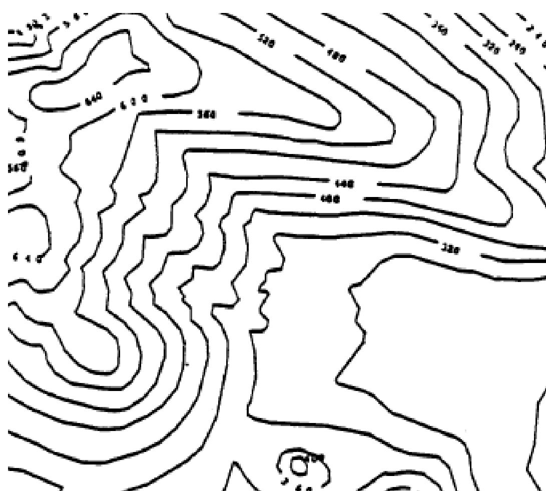


Fig. E.8 Curbe de nivel

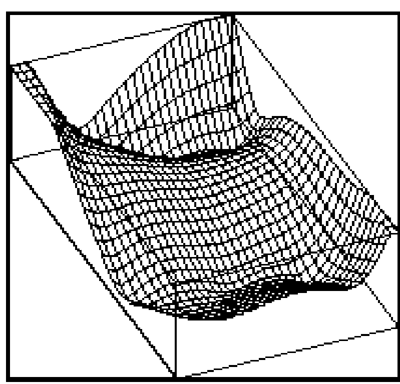


Fig. E.9 Reprezentarea perspectivă a reliefului



Fig. E.10 Imaginea umbrelor suprapusă peste imaginea 3D

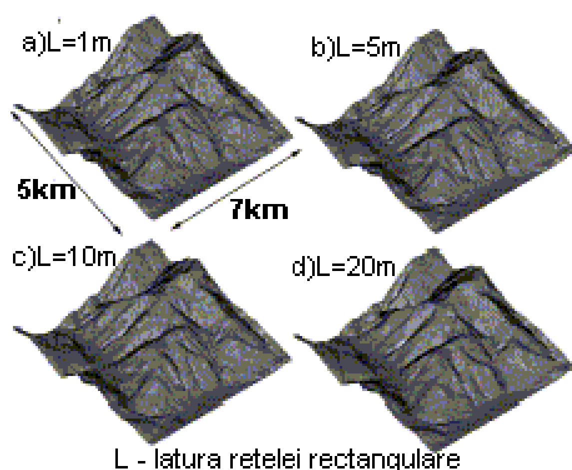
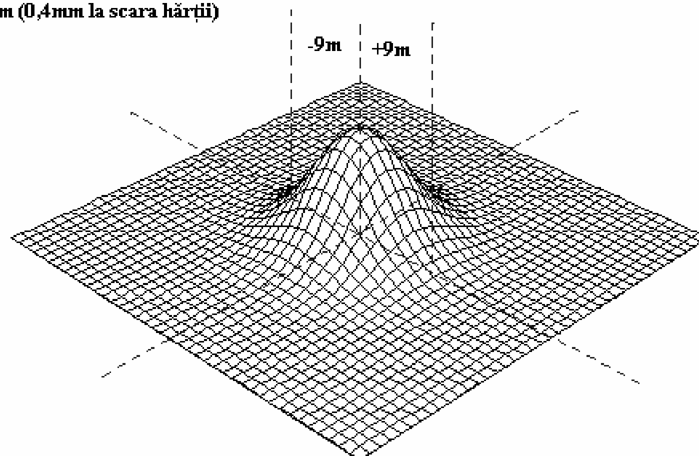


Fig. E.11 Reprezentări perspective cu parametri diferiți ai grilei (rețelei)



Anexa F: Probleme de precizie a datelor şi produselor SIG

a) Precizia punctului şi a liniei



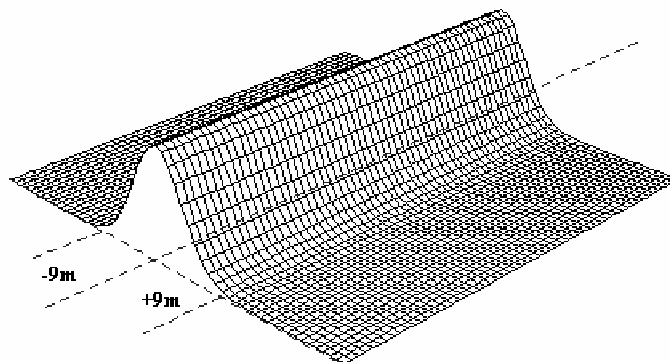
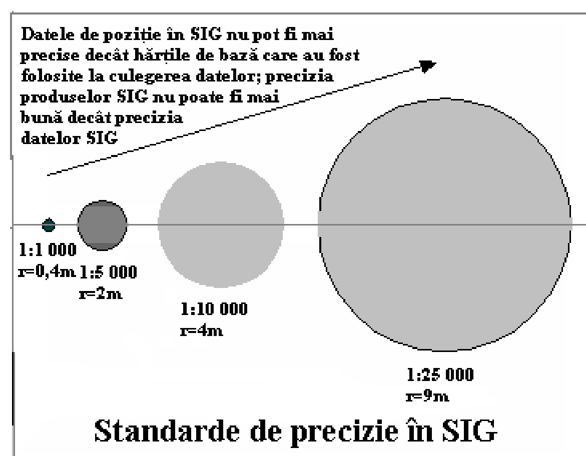


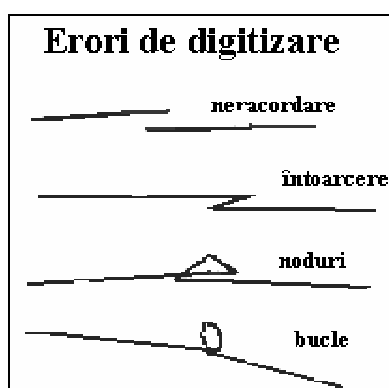
Fig. E.12 Exemple de domenii de aplicații ale SIG (nu e trecut domeniul securității naționale)

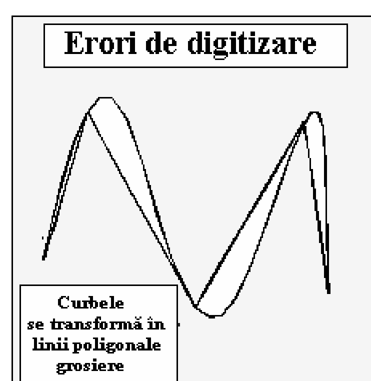
b) Standarde de precizie şi propagarea erorilor

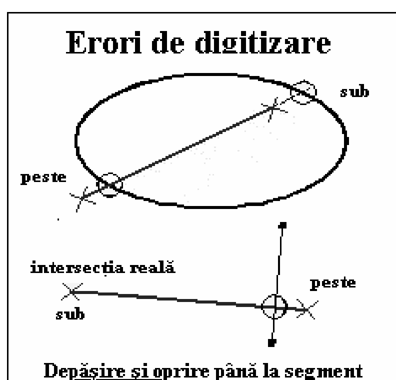


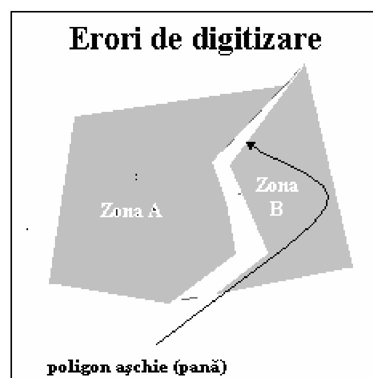


c) Erori de digitizare

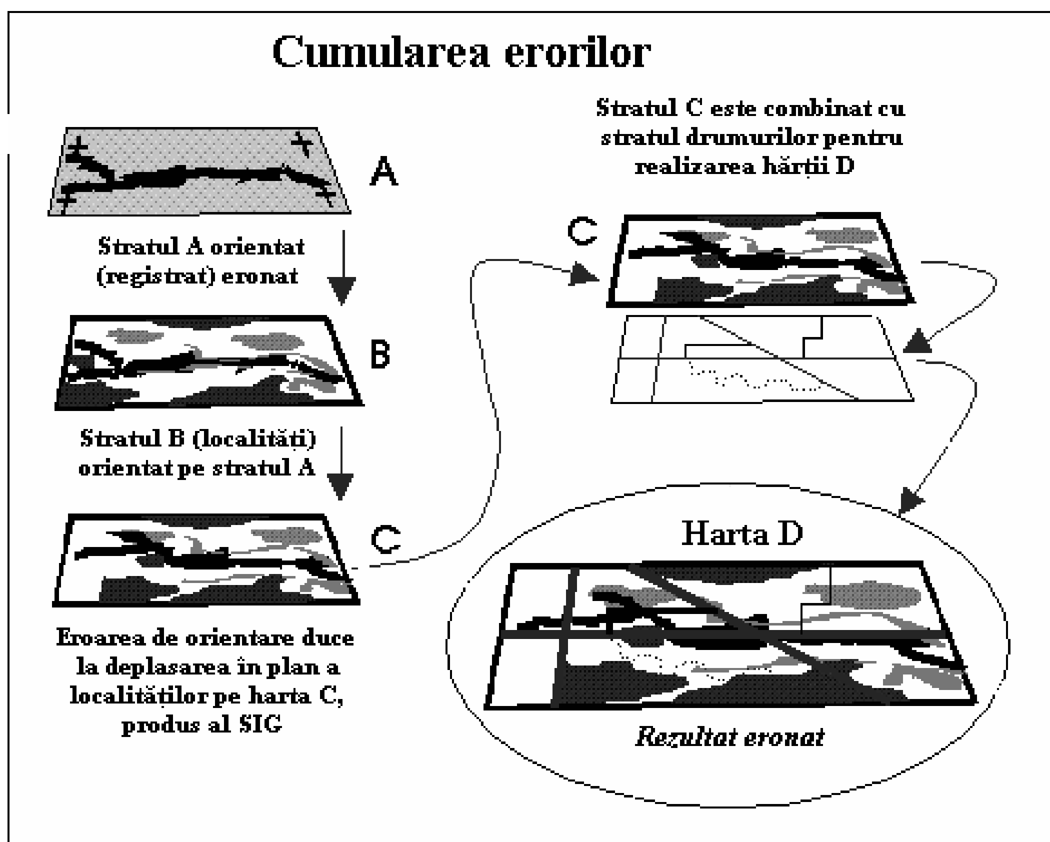




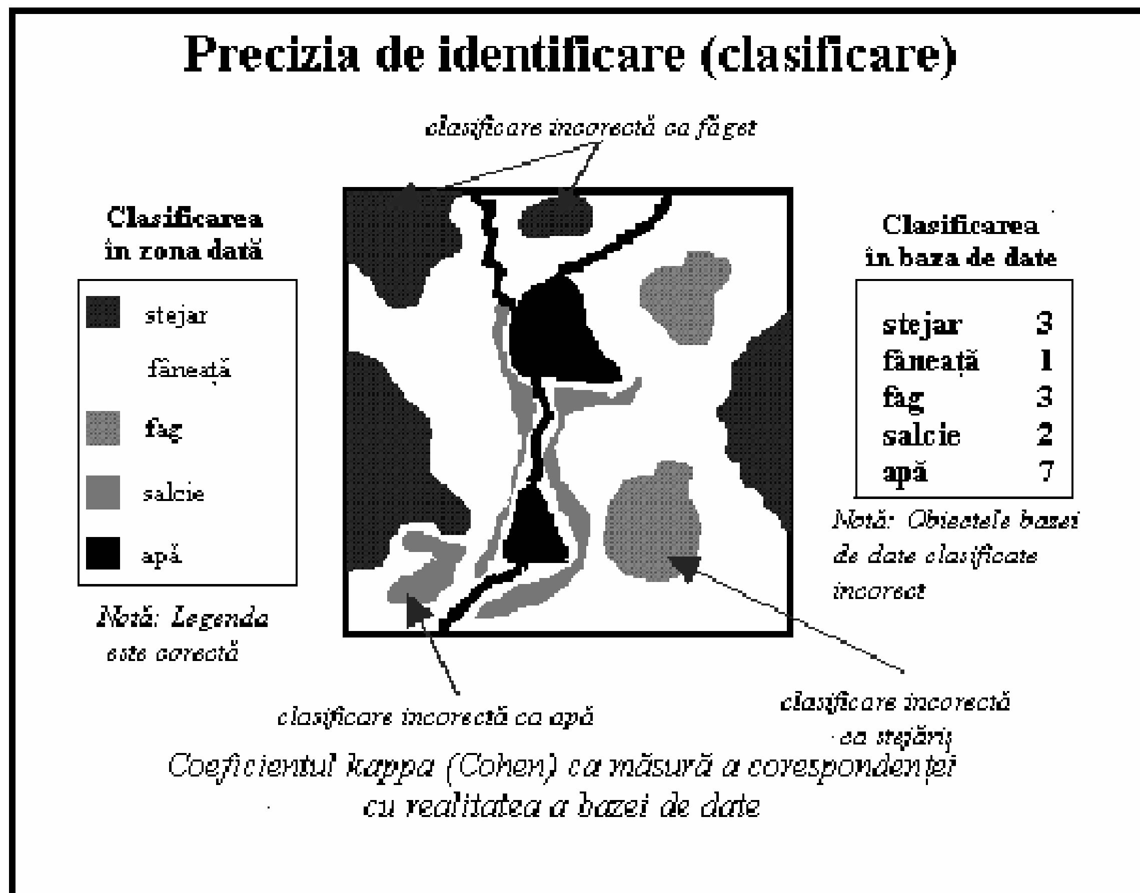




d) Cumularea erorilor



e) Erori de clasificare



Calculul coeficientului Kappa Cohen)

1. Crearea matricei de corespondență a valorilor bazei de date cu valorile clasificării reale

Notă: Pentru corespondența totală ar exista valori doar pe diagonala principală

Clasificare în BD (SIG)	Clasificare reală					Total n
	A	B	C	D	E	
A. Stejar	2	0	2	0	0	4
B. Fâneață	0	1	0	0	0	1
C. Fag	1	0	1	0	0	2
D. Salcie	0	0	0	2	1	3
E. Apă	0	0	0	0	6	6
Total m	3	1	3	2	7	16

2. Calculul valorii q

$q=m.n/N$

A $q1=4.3/16=0,75$

B $q2=1.1/16=0,0625$

C $q3=2.3/16=0,375$

D $q4=3.2/16=0,375$

E $q5=6.7/16=2,625$

Total $q=4,1875$

3. Calculul coeficientului Kappa

Kappa=(d-q)/(N-q)

d=12 (totalul valorilor de pe diagonala principală)

N=16 (totalul valorilor din matrice)

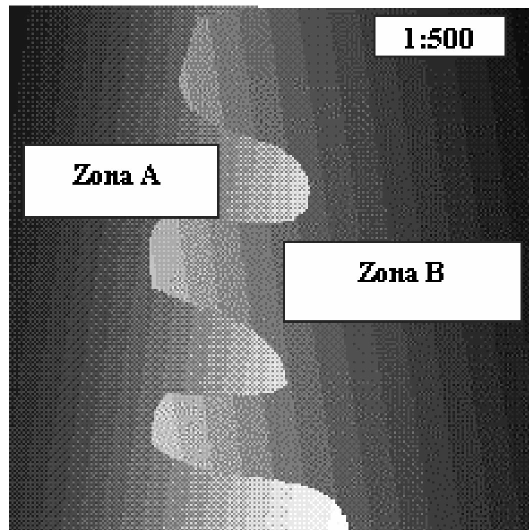
q=4,2

Kappa=(12-4,2)/(16-4,2)=0,66

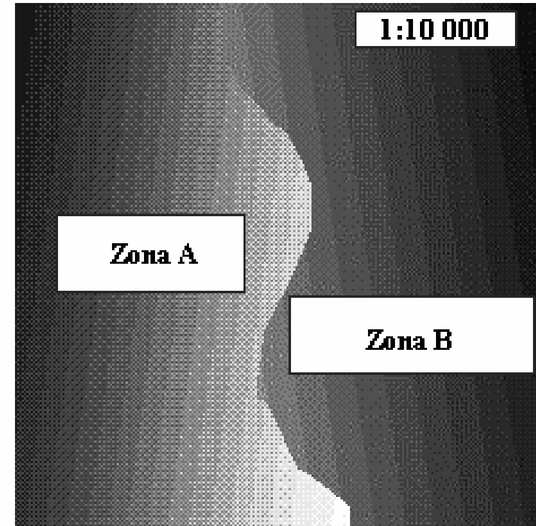
4. Cu cât Kappa este mai apropiat de 1, cu atât clasificarea este mai precisă

f) Precizia şi generalizarea datelor tematice

Precizia şi generalizarea datelor tematice ale SIG



Harta inițială



Harta generalizată

Limitele zonelor cu diferite tipuri de soluri sunt generalizate la realizarea SIG şi a produselor obținute cu ajutorul SIG (hărților tematice); limitele zonelor sunt incerte şi prin reprezentarea prin date raster şi cu nuanțe gradate se arată acest lucru

Lista figurilor

Lista formulelor

Lista tabelelor

Glosar de termeni SIG

acoperire – o mulțime de date spațiale şi nespațiale pe o anumită temă (v. strat)

aerofotogrammetrie – exploatarea fotografiilor suprafeței terestre obținute din avion în vederea cartării, în prospecțiuni şi în cercetări ştiințifice din diverse domenii de activitate

afişare – prezentare a informației într-o formă lizibilă pentru un utilizator şi modificabilă la acțiunea acestuia sau a calculatorului electronic

agregare – grupare a datelor spațiale şi atributive distincte

albedo – raportul dintre cantitatea de energie electromagnetică reflectată de o suprafață şi cantitatea de energie electromagnetică incidentă

algebră a hărții – mulțime de operațiuni definite pe mulțimi de date spațiale pentru analiza şi sinteza informației spațiale

algoritm – succesiune de operațiuni (instrucțiuni) pentru a ajunge la un anumit rezultat

AML (Arc Macro Language) – macrolimbaj al sistemului de programe Arc/Info

analiză a conectivității – analiză în SIG care determină ce detalii dintr-o mulțime sunt interconectate

analiză a contiguității – determinare a vecinătăților

analiză a formelor – analiză statistică a unităților sau valorilor observate pentru a determina grupările pentru clasificarea nesupervizată sau gradul de încredere pentru clasificarea supervizată

analiză a rețelei – mulțime de operațiuni pentru analiza sistemelor reprezentate printr-o rețea (analiza fluxului maxim, determinarea drumului optim, alocarea resurselor etc.)

analiză a vecinătății – analiză a relațiilor dintre un obiect şi obiectele vecine

arc – succesiunea vârfurilor dintre două noduri

arhivare – stocare a datelor pe suport multimedia permanent pentru păstrare sigură şi protejată

aspect (al suprafeței) – gradient sau azimut al direcției pantei maxime

atribut – informație descriptivă sau numerică asociată unui detaliu geografic

bancă de date – mulțime organizată de date

bandă – 1) interval al lungimii de undă sau frecvenței undelor electromagnetice; 2) succesiune de fotograme sau alte înregistrări cu acoperire longitudinală determinată

bază de date SIG – colecție organizată de date SIG

bază de date SIG distribuită – bază de date în care diferite mulțimi de date sunt stocate în diferite servere (noduri) ale rețelei de calculatoare ale SIG

bază de date SIG relațională – bază de date SIG unde datele sunt organizate pe liste şi relațiile dintre date sunt relevate prin relațiile dintre elementele fiecărei liste şi relațiile dintre liste

belief – ipoteză despre un proces sau o situație (în inteligența artificială – IA)

bibliotecă de hărți – bază de date cartografice destinată pentru memorarea şi manipularea mai multor hărți numerice sau analogice

canal – v. **bandă**

cartografie – ştiință şi sistem integrat de discipline ce studiază modul de realizare a hărților şi a altor produse cartografice multimedia

celulă – pixel (picture element)

centroid – centru de greutate al unui poligon

clasă de obiecte – mulțime de obiecte cu anumite caracteristici (atribute) comune

clasificare – 1) împărțire a unei mulțimi în clase după caracteristici comune; 2) procesul de asignare a pixelilor unei imagini diferitelor clase după reflectanța spectrală (nesupervizată – automată; supervizată – interactivă)

CLIOSAT – atlas al parametrilor marini şi meteorologici bazat numai pe înregistrări satelitare

cod al detaliului (obiectului) – un şir de caractere alfanumerice sau o pictogramă ce reprezintă o categorie de obiecte ale bazei de date SIG (corect cuvânt de cod)

COGO (coordinate geometry) – modul al programelor SIG pentru calcule topografice

coordonate geodezice – coordonate într-un sistem geodezic de referință

corectare a imaginii – procesare preliminară geometrică şi radiometrică a unei imagini, pentru înlăturarea erorilor sistematice şi compensarea erorilor aleatoare

coridor – zonă tampon pentru un detaliu liniar

CORINE – sistem informațional pentru analiza situației mediului în Europa

culegere a datelor – achiziționare a datelor într-un format acceptat de calculator

cursor – 1) dispozitiv de urmărire şi vizare al digitizorului vectorial; 2) marcă pe ecran a cărei deplasare e comandată prin intermediul locatorului (de exemplu mouse)

date de tip grilă – secvență de valori ce reprezintă o mărime z=f(x,y), o valoare fiind atribuită unui nod al unei grile

date raster – secvență de valori ce reprezintă o mărime z=f(x,y), o valoare fiind atribută unui element regulat de suprafață, denumit pixel

date teserale – secvență de valori ce reprezintă o mărime z, valorile fiind atribuite unor areale regulate sau neregulate ale unei suprafețe

date vectoriale – date ce conțin valorile coordonatelor unor puncte succesive ale unor curbe, puncte ce sunt într-o relație implicită de ordine pe fiecare curbă; în general pot reprezenta detalii (obiecte) liniare, areale şi punctuale

datum (geodezic) – mulțime de date utilizate în calculele geodezice, ce descriu modelul Pământului

detaliu – 1) un obiect sau fenomen al lumii reale, cu caracteristici distincte; 2) un obiect al hărții, imaginii sau bazei de date SIG, cu caracteristici distincte

detaliu artificial – detaliu rezultat din activitatea umană

digital - numeric, reprezentat prin cifre

digitizare – conversie a informației analogice în date numerice (vectoriale sau raster)

digitizare în orb – digitizare fără ecou grafic pe un ecran

digitizor – periferic pentru digitizare (vectorială), dispozitiv ce transformă o reprezentare grafică în date numerice

dizolvare – agregare a poligoanelor vecine pe baza unor atribute comune

DTED (Digital Terrain Elevation Data) – date digitale (numerice) altitudinale

egalizare a histogramei – procedură de îmbunătățire a contrastului unei imagini

entitate – 1) în cartografie, un fenomen indivizibil al lumii reale; 2) în SIG, un obiect şi atributele sale

ERS – sateliți de teledetecție lansați de agenția europeană ESA

export (import) al datelor – procesul de transferare a datelor de la un calculator sau de la un program la altul, într-un anumit format şi pe un anumit suport

filtrare – proces selectiv de recalculare a frecvențelor spectrale şi spațiale pentru sublinierea sau îmbunătățirea detaliilor unei imagini

fişier - colecție organizată de înregistrări, dispuse pe unul sau mai multe suporturi externe de memorie

format – modul de aranjare a datelor într-un fişier

fotogramă – fotografie obținută cu camere speciale, metrică, perspectivă centrală riguroasă, cu elementele de orientare interioară cunoscute

fotogrammetrie – ştiință aplicată care se ocupă cu studierea principiilor, metodelor şi procedeelor de determinare a formei şi a dimensiunilor obiectelor pe baza fotogramelor

fotohartă – fotoplan prelucrat, căruia i se adaugă caroiajul rectangular, curbe de nivel, semne convenționale pentru unele detalii importante (şosele, construcții, poduri etc.)

fotoplan – plan întocmit prin procesul fotoredresării, din asamblarea fotogramelor redresate, în care detaliile topografice sunt reprezentate prin imaginea lor fotografică

frontieră – limită a unui detaliu areal sau volumetric

generalizare – procesul de simplificare a conținutului tematic şi geometric al unui produs cartografic sau al unei baze de date SIG

geocodare – procesul de asignare a pozițiilor geodezice (geografice) obiectelor

geoprocesare – procesare (prelucrare) a datelor geocodate (referite geografic)

GEOSAT – sistem de sateliți geodezici lansați de marina militară a S.U.A.

GPS (Global Positioning System) – sistem satelitar de poziționare globală, respectiv de determinare a coordonatelor geodezice (geografice) cu un anumit receptor mobil

hardcopy – imagine reprezentată pe un suport stabil (hârtie, folie transparentă etc.)

hardware – circuitele, dispozitivele şi echipamentele unui sistem de calcul; unitățile fizice existente în cadrul unui sistem de calcul

hartă – reprezentare în plan a suprafeței terestre sau a unei părți din aceasta, generalizată şi micşorată conform unei scări date

hartă batimetrică – hartă a reliefului fundului zonelor acvatice

hartă compusă – hartă rezultată din compunerea altor hărți sau din compunerea unor straturi sau "acoperiri" de date cartografice

hartă digitală – colecție de date cartografice digitale pentru un domeniu geografic dat

histogramă – 1) funcție a valorilor datelor de frecvența de apariție a acestor valori; 2) reprezentare grafică a acestei funcții: 3) diagramă a frecvenței

IGIS – sistem integrat de programe pentru SIG realizat de firma Laser-scan Ltd

imagine compusă în culori – imagine în culori obținută din compunerea aditivă a imaginilor separate monocrome de culorile roşu, verde şi albastru (RGB)

imagine digitală – înregistrare codificată numeric cu valorile reflectanței spectrale sau ale intensității emisive pentru un obiect sau o zonă

imagine fals-color – imagine compusă în culori, dar atribuind altă culoare unei imagini monocrome în locul celei de bază

infraroşu – domeniu al spectrului electromagnetic între roşu şi microunde; împărțit în infraroşu apropiat (0,7-1,3 um), infraroşu mediu (1,3-3,0 um) şi infraroşu termic (3,0-14,0 um)

INMARSAT – sistem de sateliți de comunicație maritimă

insulă – un poligon în alt poligon, fără frontiere comune (în topologie)

izocurbă (izolinie) – curbă de aceeaşi valoare (curbă de nivel, izobară, izotermă etc.)

îmbunătățire a contrastului – procedură de procesare a imaginii ce presupune ca un interval îngust al valorilor pixelilor să fie mărit la un număr mai mare de trepte (mărire a rezoluției radiometrice)

îmbunătățire a liniilor – procedură de procesare a imaginii ce duce la evidențierea detaliilor liniare şi a frontierelor detaliilor areale

lanț – succesiune de arce într-un graf

LPOO – limbaj de programare orientat pe obiecte

lungime de undă – distanța dintre abscisele a două valori succesive maxime ale unei unde

MARS – progran european de teledetecție pentru agricultură

MDA – model digital altimetric

MDOO – modelare a datelor orientată pe obiecte

MDT – model digital al terenului

memorie – echipament sau subsistem aparținând unui sistem de calcul, cu rolul de a înregistra şi păstra informația

METEOSAT – program de sateliți meteorologici geostaționari operat de EUMETSAT

MGE (Modular GIS Environement) – mediu modular (de programe) pentru SIG, al firmei Intergraph

MNT – model numeric al terenului

modelare cartografică – procesul de generare a hărților şi a altor modele cartografice

NDVI – index normalizat al diferenței de vegetație, ce arată vigoarea vegetației, calculat din benzile în vizibil şi în infraroşu apropiat (procedură în programele IDRISI)

nod – 1) punct inițial sau final al unui arc; 2) element al unui arbore; 3) element al unei rețele (grile); calculator al unei rețele

obiect – 1) în cartografie, o reprezentare digitală a unei entități; 2) în baza de date orientată pe obiecte, primitivă care combină proprietățile şi procedurile datelor; 3) în baza de date relațională, un fenomen caracterizat de o mulțime de atribute

obiect areal – obiect al hărții sau al bazei de date SIG reprezentat prin coordonatele punctelor succesive ale unei curbe contur, ale punctelor contururilor unor insule şi un cod numeric sau cod imagine al clasei

obiect complex – obiect ce poate fi descompus în alte obiecte

obiect liniar – obiect al hărții sau al bazei de date SIG reprezentat prin coordonatele punctelor succesive ale unei curbe şi un cod numeric al clasei

obiect punctual – obiect al hărții sau al bazei de date SIG, a cărei poziție este reprezentată prin coordonatele unui punct şi natura obiectului de un cod numeric sau cod imagine al clasei

pancromatic – interval al spectrului reprezentat în nivele de gri de la negru la alb

pixel – element al imaginii, de formă şi dimensiuni alese (celulă teserală); de regulă cu formă pătrată sau dreptunghiulară

ploter – periferic pentru obținerea reprezentărilor hardcopy

poligon – clasă de obiecte spațiale cu arie şi perimetru diferite de zero, care reprezintă un areal cu aceleaşi atribute

poligon complex – poligon cu mai multe insule (în sens topologic)

potrivire a curbei – generare a unei curbe care să treacă prin punctele (critice) date

procesare a imaginii – aplicare a procedurilor de prelucrare a unei imagini în vederea analizei şi vizualizării acesteia

punct de reper – punct cu poziția cunoscută într-un sistem de coordonate ales

punct de vedere – poziție a unui observator imaginar care vede o reprezentare perspectivă 2D a unui obiect 3D

puncte critice – puncte strict necesare pentru reprezentarea unui detaliu (liniar)

radiație electromagnetică – energie propagată prin spațiu sau prin materie, sub forma interacțiunii dintre câmpurile electric şi magnetic

recunoaştere a formelor – procesul de clasificare a obiectelor în clase discrete pe baza comparațiilor cu membrii altor clase sau pe baza valorilor predefinite ale caracteristicilor

reeşantionare – interpolare a valorilor pixelilor unei imagini în noile poziții ale pixelilor transformați, ce coincid, de regulă, cu rețeaua după georeferențiere

registrație – orientare reciprocă a două reprezentări digitale în vederea suprapunerii sau combinării lor

rezoluție – 1) caracteristică de a distinge două obiecte apropiate pe o fotogramă, exprimată ca număr de perechi de linii pe unitatea de lungime; 2) caracteristică a fineței unei imagini (**spațială**, dată de dimensiunile unui pixel; **spectrală**, dată de intervalul din spectrul electromagnetic al benzii; **radiometrică**, dată de numărul de trepte sau nivele de gri; **temporală**, dată de intervalul de timp între două imagini succesive ale aceleiaşi zone, în banda dată)

SAS – sistem de analiză spațială

scală de gri – secvență de nuanțe de gri ale unei imagini, de la negru la alb (pentru simplificarea prelucrării numărul de trepte este o putere a lui 2, de exemplu 256)

scanare (baleiere) – transformare a imaginii analogice în date numerice raster

scaner – 1) periferic ce transformă o imagine analogică în imagine numerică (date raster); 2) sistem de înregistrare a radiației electromagnetice în teledetecție, montat pe un satelit sau pe un avion

scaner hiperspectral – tip special de scaner multispectral care înregistrează intervale foarte fine din spectrul electromagnetic

scaner multispectral – scaner ce înregistrează mai multe intervale sau benzi ale spectrului electromagnetic

SDOO – structură de date orientată pe obiecte

selecție spațială – selecție a detaliilor după criterii de localizare geografică

semnătură (signatură) spectrală – o înregistrare a distribuției spectrale şi intensității energiei reflectate sau emise de un obiect sau de o clasă de obiecte, prin care acestea pot fi identificate

sensor – echipament care detectează radiația electromagnetică într-un anumit interval al lungimii de undă şi o converteşte într-un semnal digital ce poate fi înregistrat şi transmis

SGBD(R) – sisteme de gestiune a bazelor de date (relaționale)

SIG – sistem informațional geografic sau ansamblu de fluxuri şi circuite jnformaționale organizate într-o concepție unitară, care are ca intrări şi ieşiri datele şi informațiile geografice şi deciziile de acțiune asupra mediului geografic

SIS – sistem informațional spațial (include şi SIG şi SIT)

sistem activ – sistem de teledetecție ce emite, culege şi retransmite radiația electromagnetică reflectată de suprafața Pământului

sistem pasiv – sistem de teledetecție ce culege şi retransmite radiația electromagnetică reflectată sau emisă de suprafața Pământului

SIT – sistem informațional al teritoriului

software – totalitatea programelor cu care este dotat un sistem de calcul

spectru electromagnetic – radiația electromagnetică ordonată după lungimea de undă, de la undele cosmice de lungimi mici la undele radio de lungimi foarte mari

SPOT – sistem francez de sateliți pentru studiul resurselor terestre

stație terestră de recepție – stație fixă ce recepționează înregistrările transmise de sateliții de teledetecție

stocare – păstrare a unei informații într-o memorie

strat – o submulțime a datelor spațiale corespunzătoare detaliilor unei anumite teme

structură a datelor – organizare a tipurilor de date în vederea unei regăsiri eficiente

suprafață complexă – suprafață ce nu poate fi descrisă de o funcție determinată

suprafață statistică – o suprafață descrisă de o lege a unei distribuții probabilistice

teledetecție – știință şi ansamblu de proceduri de culegere, prelucrare şi interpretare a imaginilor ce înregistrează interacțiunea dintre energia electromagnetică şi materie

TIN – modul al programelor SIG pentru modelarea altimetrică (rețea de triunghiuri oarecare)

t**opologie** – 1) relație între obiectele geometrice ce rămâne neschimbată în urma oricărei transformări contigui a spațiului; 2) relație spațială între obiectele unei baze de date spațiale; 3) codificare explicită a relațiilor spațiale dintre elementele hărții

transformare geometrică – transformare a valorilor ce determină poziția unui punct sau a unui pixel sau a valorilor altor atribute geometrice ale detaliilor

ultraviolet – interval al spectrului electromagnetic (0,01 - 0,4µm)

vârf – orice punct curent al unui arc sau al unui detaliu (obiect) liniar (vertex)

vectorizare – conversie a datelor spațiale din orice structură (de regulă din structura raster) în structură de date vectoriale

vedere pseudoscopică – inversare a efectului stereoscopic normal, dealurile apărând ca văi şi văile ca dealuri

vizibil – interval al spectrului electomagnetic ce poate fi sesizat şi de ochiul uman (0,4 - 0.7µm)

zonă buffer (tampon) – 1) areal în jurul unui detaliu geografic dat; 2) zonă de memorie rezervată pentru stocarea provizorie a unor valori

BIBLIOGRAFIE

Abbel, D.J. , Wilson, M.A. (1990). A system approach to integration of raster and vector data and operations. Proc. of the 4th Int. Symposium on spatial data handling, Zurich, 2:559-566

Abner, A. et al (1991). High precision geocoding of spaceborne remote sensing data of high-relief terrain. Auto Carto Annual Convention, Baltimore, Maryland, 4:183-192

Adobe Systems Inc. (1990). *Postscript Languages Reference Manual 2 nd Edition.* Addison Wesley

Adobe Systems Inc. (1997). *Portable Document Format Reference Manual, Version 1.2.* Available from www.adobe.com

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (1983). Manual of remote sensing, Sheridan Press, Vol. 1 and 2

Anselin, L. (1989). What is special about spatial data – alternative perspectives on spatial data analysis. NCGIA, Sanza Barbara, California

Baltsavias, E.P. (1991). Multiphoto Geometrically Constrained Matching, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Mitteilungen Nr. 49, 221 p.

Baltavias, B. et al (1995). Using of DTMs/DSMs on ortoimages to support building extraction. Proc. of Int. Workshop "Automatic extraction of man-made objects from aerial and space images", 24-28 April, Askona, Biskhauser Verlag, Basel

Baumgardner, F. (1988). A global soils and terrain digital database. In: Building databases for global science. London, Taylor and Francis. pp. 171-181

Bernard, C. (1990). The SPOT sattelite system and defence applications. In: defence and technology international, no. 2, sept. 1990, pp. 41-46

Bickmore, P. (1988). World digital database for environmental sciences (WDDES). In: Building databases for global science. London, Taylor and Francis, pp. 181-191

Borrough, P.A. (1986). Principles of GIS for land resource assessment. University Press, Oxford

Campbell, W.J. et al (1990). Intelligent information fusion for spatial data management. In: Proc. of the 4th Int. Symposium on spatial data handling, Zurich, 2:567-578

Cassettari, S. (1990). Using aerial photography in your GIS. In: Proc. of AGI Conference, pp. C.3.1-5

Castle, G. (ed.) (1993). Profiting from a Geographic Information System. Fort Collins, Co.: GIS World

CCITT, (1992). *Information Technology – Digital Compression And Coding Of Continuous-Tone Still Images – Requirements And Guidelines.* CCITT (the International Telegraph and Telephone Consultative Committee) recomendation T.81. Also known as ISO/IEC International Standard 10918-1. Commonly known as JPEG image format specification

CEES (1989). Our changing planet. The FY 1990 Reaserch Plan, Executive Office of the President, Washington D.C.

CEES (1992). Our changing planet. The FY 1992 Reaserch Plan, Executive Office of the President, Washington, DC

Central Intelligence Agency, Office of Geographic and Cartographic Research, (1977). CAM Cartographic Automatic Mapping Program Documentation, 5th Edition, Washington, DC

Chandler, J. H., (1999). Effective application of automated digital photogrammetry for geomorphological research, *Earth Surface Processes and Landforms*. 24, pp51-63

Chen, Y. şi T. Schenk, (1992). A Rigorous Calibration Method for Digital Camera, The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXIX, Part B3, ISPRS Commission III, Washington, D.C., 7 p.

Cheng, B.H.C. et al (1994). The object-oriented development of a distributed multimedia environmental information system. In: Proc. of IEEE 6th Conference of software engineering, pp. 70-77

Cheng, B.H.C. et al (1996). A regional information system for environmental data analysis. In: PE&RS, LXII(7): 855-869

Cooper, M. A. R., 1998. Datums, Coordinates and Differences. *Landform Monitoring, Modelling and Analysis.* Edited by S. N. Lane, K. S. Richards and J. H. Chandler. John Wiley and Sons Ltd. pp21-35

Cressil, N.A.C. (1991). Statistics for spatial data. Willey and Sons, New York

Deutsch, C.V., Journel, A.G. (1992). GSLib. Oxford University Press, New York

DMA (1994). Digitizing the future. Fairfax, USA

DMA (1995). DPS Handbook. Fairfax, USA

Donnergolla, U. (1994). Sutwicklung einer kompakten Systems zur digitalisierung komplexer graphisher Vorlager. DIBAG Bericht, nr. 20-1, Graz

Doorn, B.D., P. Agouris, R. Al-Tahir, A. Stefanidis, and O. Zilberstein, (1990). Digital Stereo Matching: In Perspective, Technical Notes in Photogrammetry, No.10, Dept. of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, 16 p.

Drumond, J. et al (1990). Automatic digitizing**.** OEEPE Report, nr. 23, IfAG Germany

Earth Resource Mapping (1997). ER Mapper 5.6, Reference manual. West Perth, Australia

Eaton, R.M. (1993). Designing the electronic chart display. *The Cartographic Journa*l, 30, 184-187

ECMA, (1997). *ECMAScript Language Specification.* ECMA - European association for standardizing information and communication systems. http://www.ecma.ch

ERDAS, (1994). Imagine OrthoMAX Users Guide, *Vision International.*

ESRI (1994). Understanding GIS. An ARC/INFO Method. Redlands, California

ESRI (1994b). ARC/INFO Users Guide. Redlands, California

Fedra, K. (1990). Interactive environmental software integration, simulation and visualization. Technical Report RR-90-10, Int. Institute for Applied Systems Analysis. Advanced Computer Application. Laxenburg, Austria

Fielding, R., Gettys, J., Mogul, J., Frystyk, H., Berners-Lee, T. (1997). *RFC2068 Hypertext Transfer Protocol — HTTP/1.1.* http://www.cis.ohio-state.edu/htbin/rfc/rfc2068.html.

Frank, A.V., Mark, A.M. (1991). Language issues for GIS: Principles and applications, vol. 1, London Scientific Publications, London

Giltings, B. (1995). Digital elevation data catalogue on Internet. University of Edimburg. E-mail: bruce@geovax.edimburg.ac.uk

Gooch, M. J. and Chandler, J. H., (1998). 'Optimization of strategy parameters used in automated Digital Elevation Model generation', *ISPRS International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32(2) pp88-95

Goodchild, M.F., Min/hua, W. (1989). Modelling errors for remotely sensed data input to GIS. Auto Carto 9, 9th Int. Symposium on Computer Assisted Cartography, Baltimore, Maryland, pp. 530-537

Goodchild, M.F. (1991). Spatial Analysis with GIS: Problem and concepts. In: Proc. GIS/LIS'91, Atlanta, pp. 40-48

Greene, R.C., Cruise, J.F. (1995). Urban watershed modeling using a GIS. In: Journal of water resource planning and managemwnt, 121(4):318-325

Guran, M. (1995). România şi societatea informaţională globală. Analiza unor opţiuni strategice. În: Academica, Bucureşti, pp. 18-20

Harbaugh, W.J., Merriam, F.D. (1972). Aplicațiile calculatoarelor în geologie. Editura Tehnică, Bucureşti

Haslet, A. et al (1990). SPIDER - An interactive statistical tool for analysis of spatially distributed data. In: Int. journal for GIS, 4(3):28-30

Heipke, C., (1995). State-of-the-art of Digital Photogrammetric Workstations for topographic applications. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61(1), January 1995. pp49-56

Heipke, C., (1999). Digital Photogrammetric Workstations. *GIM International*. 1 Vol 13. January 1999. p.81

Herring, J.R. (1989). A fully integrated GIS. AUTO CARTO 9, 9th Int. Symposium for Computer Assisted Cartography, Baltimore, Maryland, pp. 828-837

ICA Standard Commission (1996). Minutes from meeting of August 17-21, 1996, Den Haag, Netherlands

ICA Standard Commission (1997). Revised categories for metadata characteristics. V. 4.0, H. Moellering (ed.), 17 pp

Isaaks, E.H., Srevastava, P.M. (1989). Applied Geostatistics. Oxford University Press, Oxford

Johnson, L.E. (1989). A digital map-based hydrologic modelling system. In: PE&RS, LXVI(6): 911-917

Kaufmann, R. (1987). Colour considerations for electronic charts. Technical Memorandum, Department of National Defense, Canada

Konecny, M., Rais, K. (1985). Geograficke informacni systemy. Universita J. E. Purkune, Brno

Kubo, S. (1995). The development of GIS in Japan. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D-W. (eds). Geographical information systems: princioles and aplications. Longman, London, pp. 47-56

Lancaster, P., Salkauskas, K. (1986). Curse and surface fitting. Academic Press Inc., London

Larouche, C. (1995). Automation of Photogrammetric Operations Using Advanced Digital Image Matching Techniques, Ph.D. Dissertation, UCSE Reports number 20037, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Calgary, Alberta, September 1995, 155 p.

Laurence, W.F. (1998). Annual Report of ISPRS

Limp, W. F. (1997). Weave Maps Across the Web. *GIS World.* September, 1997 pp. 46-55.

Litlefield, E.K. (1995). The DMA's Digital Production System (DPS). In: Cartography and GIS, 22(2):119-127

Liu Honey Liu (1992). A reasearch of measuring cartographic information content. In: Journal of Zheng Zhou Institute of Surveying and Mapping

Longley, P. (1995). GIS for business and planning. Geoinformation International, Cambridge

Loodts, J., (1996). Logistics and Integration of the System: The Eurosense Experiences. *OEEPE Workshop on "Applications of Digital Photogrammetric Workstations"* Lausanne 1996

Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D.W. (eds) (1995). Geographical information systems: principles and applicaztions. Logman, London

Mark, D.M. (1991). Object modelling and phenomenon-based generalization. Longman Scientific Publications, London, pp. 103-198

Masuda, Y. (1980). The Information Society as Post-Industrial Society. I.I.S., Tokyo

MATRA (1997). System testing and validation - technique and economic report, Paris

McBratney, A.B., Webster, R. (1986). Choosing functions for semivariograms soil properties and fitting them to sampling estimates. In: Journal of soil science, 37:617-639

McComb, G., Bower, M., Robinson, M. (1997). Web Programming Languages Sourcebook. John Wiley & Sons

McKeown, D. (1987). The role of artificial inteligence in the intrgration of remotely sensed data with GIS. IEEE: Trans. Geoscience Remote Sensing, vol. GE-25(3)

McLuhan, M. (1964). Understanding Media: The extensions of man. McGraw-Hill, Toronto

McMaster, R.B., Shea, K.S. (1991). Generalization in digital cartography. Washington D.C.

Moellering, H. (1991). Whither analytical cartography? In: Cartography and GIS, XVIII(1):7-9

Moellering, H. (ed.) (1997). Spatial Databases Transfer Standards 2: Characteristics for assessing standarts of the world. Elsevier Science Limited, Oxford, U.K.

Monmonier, M. (1990). Strategies for the visualization of geographic tool-series data. In: Cartographica, 27(1):30-45

Morehause, S. (1989). The arhitecture of AEC/INFO. AUTO CARTO 9, 9th Int. Symposium on Computer Assisted Cartography, Baltimore, Mariland, pp. 266-277

Mueller, J.C. (1991). Generalization of spatial data bases. In: GIS Principles and applications, vol. 1, pp. 457-475

Mueller, J.C., Weibel, R., Lagrange, J.P., Salge, F. (1995). Generalization, state of the art and issue. In: GIS Generalization, Taylor and Francis, London, pp. 3-17

Nebiker, S. (1995). GIS data acquisition by automatic extraction of objects from scanned topographic maps. In: Proc. of 17th Int. Cartographic Conference, Sept. 3-9, Barcelona, Spain

Netscape, Inc. (1997). Netscape DevEdge Library Documentation. http://developer.netscape.com/library/documentation/index.html

Newell, , R. (1993). The why and the how of the long transactions. In: Green, D.R., Rix, D., Cadoux, J (eds). Geographic Information 1994. Taylor & Francis, London, pp. 237-241

NIMA (1998). Defense GIS Data Sources Workbook. 5-1 July 1998

Nițu, C. (1992). Contribuții privind realizarea unui pachet de programe pentru construcția automatizată a hărților. Teză de doctorat, Academia Tehnică Militară (A.T.M.), București

Nițu, C. (1995). Cartografie matematică**.** A.T.M., București

Nițu, C. (1997). Sisteme informaționale geografice. În: "A XXVII-a Sesiune de comunicări științifice a A.T.M., București, 1997", vol. 15, pp. 143-151

Nițu, C. (1999). Analiza geografică în sistemele informaționale spațiale. In: Sesiunea de comunicări a Facultății de Geografie a Universității din București

Nițu, C. (2001). Bazele de date geografice și hărțile digitale în navigație. În: "A XXIX-a Sesiune de comunicări științifice a A.T.M., București, 2001"

Nițu, C., Nițu, C.D. (1992a). Errors and tolerances in computer assisted cartography. In: Proc. of ISPRS Congress, Washington D.C., Band IV, pp. 456-460

Nițu, C., Nițu, C.D. (1992b). Toleranțe folosite în cartografia automată. În: RGCC, 1(2):14-20

Nițu, C., Nițu, C.D. (1993). Folosirea seriilor Fourier în fotointerpretarea automată. În: "A XXIII-a Sesiune de comunicări științifice a A.T.M., București, 1993", pp. 123-127

Nițu, C., Nițu, C.D. (1995). Algebra structurilor de date cartografice. În: A XXVII-a Sesiune de comunicări științifice a A.T.M., București, 1995, vol. 7, pp. 422-429

Nițu, C., Nițu, C.D. (1996). Errors and tolerances of photogrammetric, cartographic and RS data in GIS integration. In: Proc. of ISPRS Congress, Vienna, 1996, Band IV, pp. 262-265

Nițu, C., Nițu, C.D. (1997a). Determinarea rețelei de drenare (talvegurilor), folosind modelul digital altimetric. În: A XXVIII-a Sesiune de comunicări ştiințifice a A.T.M., Bucureşti, 1997, vol. 15, pp. 83-90

Nițu, C., Nițu, C.D. (1997b). Dicționar rus-român de geodezie, cartografie, fotogrammetrie şi teledetecție. A.T.M., Bucureşti

Nițu, C., Nițu, C.D. (1997d). Cartographic data capture by digitization. In: Proc. of TERRA IV Symposium, Bucarest

Nițu, C., Nițu, C.D. (1999). Noi metode de analiză geografică In: A XXIX-a Sesiune de comunicări ştiințifice a A.T.M., Bucureşti, 1999

Nițu, C., Vişan, M. (2000). Sisteme informaționale geografice - realități şi perspective. In: Sesiunea de comunicări a Facultății de Geografie a Universității din Bucureşti

Nițu, C.D. (1997a). Proiectul ***VIRGOS.*** În: RGCC, 6(1):56-58

Nițu, C.D. (1997b). Status of approach of digital mapping in Romania. In: Proc. of 4th Conference "Mapping, Charting and geodesy Partnership", Bucarest

Nițu, C.D. et al (1997c). Studiu asupra dezvoltării urbane a municipiului Bucureşti - aplicație a proiectului european ***VIRGOS.*** In: A XXVIII-a Sesiune de comunicări ştiințifice a A.T.M., Bucureşti, 1997, vol. 15, pp. 125-133

Nițu, C.D. (1998). *VIRGOS* System - Application for development of urban areas study. Commission VII ISPRS Symposium ECO BP'98, Budapest

Nyages, T.L. (1991). Analytical map use. In: Cartography and GIS, 18(1):11-32

Openshaw, S. (1989). Learning to live with errors in spatial databases. In: Goodchild, M., Gopal, S. (eds). Accuracy of spatial databases. Taylor & Francis, p. 263

Pan, G.C. et al (1993). A comparison between cokriging and ordinary kriging: case study with a polymettalic deposit. In: Mathematical geology, 25(3):377-395

Pavlidis, T. (1980). A thinning algorithm for discrete binary images. In: Computer graphics and image processing, 13:142-157

Peterson, M. P. (1995). Interactive and animated cartography. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. ; Toronto

PCI (1996). EASE/PRCE V.6.0, User Manual. Richmond Hill, Ontario, Canada

Pijanowski, B. et al (1992). Integration of human and natural science data for planning and management within a regional framework. In: Proc. of the Building a global environmental change information cooperative, First GESIN Users Workshop

Raggett, D., Le Hors, A., Jacobs, I. (Eds.)(1998). HTML 4.0 Specification. World Wide Web Consortium recommendation. http://www.w3.org/TR/REC-html40/

Răducanu, D.G. (1997). Contribuții privind obținerea produselor fotogrammetrice prin prelucrarea înrăgistrărilor cosmice. Teză de doctorat, U.T.C. Bucureşti

Răducanu, N. (1976). Contribuții la problema ortofotoredresării. Teză de doctorat, I.C. Bucureşti

Răducanu, N., Spatariu, A. (1992). Fotogrammetrie. A.T.M., Bucureşti

Richards, J.A. (1986). Remote sensing digital images analysis. Kensington, Australia

Robinson, A., Sale, R., Morrison, J., Muehrcke, P., (1984). Elements of Cartography, 5th Edition John Wiley & Sons, New York

Roessel, J., Pullar, P. (1994). Geographic regions: a new composite GIS feature type. AUTO CARTO 11, 11th Int. Symposium for Computer Assisted Cartography, Minneapolis, pp. 145-156

Rotaru, M., Nițu, C.D. (1993). Cea de a V-a Conferință Cartografică Regională ONU pentru America. În: RGCC, 2(1):48-50
Rotaru, M., Nițu, C.D. (1993a). Overview and future trends in cartography in Romania. In: Proc. of UN Regional Cartographic Conference for Americas, New York, 1995, pp. 271-279
Rotaru, M., Nițu, C.D. (1995). Stadiul activităților cartografice în S.U.A. În: A XXVI-a Sesiune de comunicări științifice a A.T.M., Bucureşti, 1995, vol. 7, pp. 410-421
Saleh, R. A., (1996). Photogrammetry and the quest for digitisation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 62(6) June 1996. pp675-678
Sarjakoski, T.T. (1992). Suitability of the Sharp JX-600 Desktop Scanner for the Digitization of Aerial Color Photographs, The International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol XXIX, Part B2, ISPRS Commission II, pp. 79-86.
Schlage, J.D., Newton, C.M. (1996). A GIS-based statistical method to analyse spatial change. In: PE&RS, LXII(7):839-844
Serediuc, C.G. (1996). Contribuții privind aplicarea metodelor numerice la determinarea geoidului. Teză de doctorat, A.T.M., Bucureşti
Sion, I.G., Noaje, I., Nițu, C.D. (1996). The natural patrimony information system - a Deltaic study case. In: Proc. of ISPRS Congress, Vienna, 1996, Band IV, pp. 525-534
Smith, D. G., (1997). Digital Photogrammetry for Elevation Modelling. PhD Thesis. University of Nottingham. 241 pages
Smith, M. J., Smith, D. G., (1996). Operational Experiences of Digital Photogrammetric Systems. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.* 31(B2) Vienna 1996. pp357-362
Snyder, P. J. (1987). Map Projections - A Working Manual. USGS Professional Paper 1395, GPO, Washington, DC
Snyder, P. J. (1990). The Robinson Projection - A Computation Algorithm. In: Cartography and Geographic Information Systems**,** Vol. 17, No. 4, , pp. 301-305
Stefen, C.G. (1991). Developing DCDB that are useful for global changrs study. London
Taylor, L. (1997).. http://www.abs.net/~lloyd/csfaq.txt Client/Server Frequently Asked Questions
Theuki, K., Soto, K. (1990). Determining reflectance parameters using range and brightness images. In: Proc. of 3rd Int. Conference on computer vision (IEEE), Oslo, 1990
Toderaş, T. (1999). Contribuții la realizarea şi utilizarea bazei de date cartografice a planurilor de localități. Teză de doctorat, A.T.M., Bucureşti
Tomlin,C.D. (1990). Geographic information systems and cartographic modelling. Prentice Hall, Englewood Cliffs
Tsai, V.J.D. (1994). Towards on integrated three-dimensional GIS. Ph. D. Dissertation, University of Wisconsin, Madisson
Turdeanu, L. (1997). Fotogrammetrie analitică. Editura Academiei Române, Bucureşti
Uren, J., Young, C.T. (1990). The development of an air photo based land information system. In: Mapping Awarness, 4(3):22-26
US Army Corps of engineers (1990). HEC-1 Flood Hydrograph Package: User's manual. Davis, California
Usery, E.L. (1994). Implementation constructs for raster features. In: Proc. of ASPRS/ACSM Annual Convention, Reno, Nevada, pp. 661-670
Usery, E.L. (1996). A feature-based GIS model. In: PE&RS, LXII(7):833-838
USGS, (1996). Standards for Digital Elevation Models. http://mapping.usgs.gov/pub/ti/DEM/demstnds

Vancea, R., Holban, Ş., Ciubotariu, D., (1989). Recunoaşterea formelor; aplicaţii. Editura Academiei Române, Bucureşti

Vlaicu, A. (1997). Prelucrarea digitală a imaginilor. Editura Albastră, Cluj-Napoca

Vorkamp, C. et al (1996). Using public domain geostatistical and GIS software for spatial interpolation. In: PE&RS, LXII(7):845-854

Weibel, R. (1995). Map generalization in the context of digital systems. In: Cartography and GIS, 22(16.4):259-263

Wellar, B. and Wilson, P. (1994). GIS and social science research and action initiatives: an hypothesis-based progress report. In: GIS/LIS '94 Proceedings. 802-817

Westervelt, J. (1991). Geographical resources analysis support system (GRASS). Introduction and programming manual, GRASS Information Center, US Army CERL, Champain, Illinois

Zăvoianu, F. (1987). Reambularea cadastrului prin teledetecţie. Contribuţii la problema registraţiei în vederea detectării schimbărilor. Teză de doctorat, I.C. Bucureşti

Zăvoianu, F. (1997). Direcţii de dezvoltare a fotogrammetriei şi teledetecţiei desprinse din lucrările Congresului al XVIII-lea al ISPRS, Viena, iulie 1996. În: RGCC, 6(1): 38-48

Zăvoianu, F., Niţu, C.D., Noaje, I. (1996). Etude de la dynamique de la zone urbaine de Bucharest a l'aide de donnees TM de Landsat et HVR de SPOT. In: Proc. of ISPRS Congress, Vienna, 1996, Band BIV, pp. 493-500

Zhang, B. And Miller, S., (1997). Adaptive automatic terrain extraction. *Integrating photogrammetric techniques with scene analysis and machine vision III.* SPIE 3072:27-36